Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos

INVESTIGACIÓN SOBRE
TRATAMIENTOS DE AGUAS SEGUROS
EN EMERGENCIAS

RESEARCH INTO
SAFE WATER TREATMENTS
IN EMERGENCIAS

D. JOSÉ LUIS RUIZ GARCÍA

Madrid, noviembre de 2015

Universidad Politécnica de Madrid

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos

INVESTIGACIÓN SOBRE
TRATAMIENTOS DE AGUAS SEGUROS
EN EMERGENCIAS

RESEARCH INTO
SAFE WATER TREATMENTS
IN EMERGENCIAS

MEMORIA PRESENTADA POR D. JOSÉ LUIS RUIZ GARCÍA PARA OPTAR AL
GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

FDO.: JOSÉ LUIS RUIZ GARCÍA

Vº Bº Director de la Tesis
Cat. Dr. Ing. D. Aurelio Hernández Muñoz

Madrid, noviembre de 2015

	E.I.S.I.C.C.P. Comisión Académica del Programa de Doctorado
Fecha:	10 - Febrero - 2016
*Verificado por:	
Fdo.:	
Fdo.:	

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Tribunal nombrado por el Mgfc. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día 18 de 12 de 2016. 2015

Presidente D. JUAN MANUEL ROGEL OVEGADA
Secretario D. ISABEL DEL CASTILLO GONZÁLEZ
Vocal D. JOSÉ LUIS OVELLEJO MARIÓN
Vocal D. JOSÉ MIGUEL VERA IGLESIAS
Vocal D. JESÚS MARTÍN GIL

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día 8 de FEBRERO de 2016 en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la U.P.M.

Calificación: SOBRESALIENTE

CUM LAUDE *

EL PRESIDENTE:

VOCAL:

VOCAL:

VOCAL:

EL SECRETARIO: ISABEL DEL CASTILLO

Isabel

Jesús Martín Gil

Aurelio Hernández Muñoz, Profesor Catedrático Emérito de la Escuela Politécnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Departamento de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente - Cátedra de Ingeniería Sanitaria) de la Universidad Politécnica de Madrid

HACE CONSTAR: *Que D. José Luis Ruiz García, Comandante del Cuerpo General del Ejército de Tierra (Ingenieros) ha realizado bajo mi dirección la Memoria que lleva por título Tratamientos de Aguas Seguros en Emergencias con el fin de obtener el grado de Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid.*

Y para que surta los efectos oportunos firmo en Madrid,
a 8 de Febrero de 2016.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, sweeping initial 'A' followed by a stylized 'L' and 'R'.

Agradecimientos

Gracias,

A María Pilar, Paula, Álvaro y Lourdes, mi familia, por todos los momentos que me he tenido que ausentar de su lado para poder realizar esta Tesis Doctoral y por su apoyo, cariño y comprensión para poder llevar a cabo este proyecto.

A mi director de Tesis, el Prof. Dr. Ing. Aurelio Hernández Muñoz, Catedrático Emérito de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Universidad Politécnica de Madrid, por su abnegada y constante dedicación, por su esfuerzo, asesoramiento, dirección y subvención sin la cual esta Tesis no se hubiese llevado a cabo. Tu guía moral la llevaré con orgullo.

Al Dr. Manuel Gil Rodríguez, colaborador científico del Centro Superior de Investigaciones Científicas, por su asesoramiento, dedicación y transferencia de conocimiento.

A Dña. Julia Chamorro Hernández, por ser mi “Ángel de la Guarda”, por su amabilidad y apoyo y por estar siempre alerta ante los trámites administrativos, peticiones de información o de bibliografía.

A la Dra. Abilia Soriano Bartolo y a Ignacio Hernández Navarro por su dedicación con todas aquellas tareas relacionadas con el laboratorio.

Al Mando de Ingenieros del Ejército de Tierra por creer en esta Tesis y permitirme realizar las pruebas de campo con las plantas en dotación, en particular a su Jefe el General de Brigada Excmo. Sr. D. Manuel Godoy Malvar por su impulso y entusiasmo por la captación y tratamiento de las aguas.

A la Inspección General de Sanidad del Ministerio de Defensa, especialmente al fallecido General de División Excmo. Sr. D. Juan Manuel Montero Vázquez, sin

cuyo laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa, al mando del prestigioso Ilmo. Sr. Coronel D. José Luis López Colón, no se hubiesen podido realizar las analíticas con tanta precisión y exactitud.

Resumen

Palabras clave: Tratamiento de agua; agua potable; potabilización; ETAP; calidad global; consumo humano; emergencia; ataque terrorista; catástrofe.

Esta Tesis Doctoral tiene como principal objetivo el obtener una cadena de tratamientos seguros de aguas seriados que nos permita asegurar la calidad de las aguas para consumo humano en caso de emergencias, de tal forma que se minimicen los efectos de acciones hostiles, como sabotajes o actos terroristas, desastres naturales, etc y buscar soluciones adecuadas para garantizar en este caso la salud. Las plantas de tratamientos de aguas existentes comercialmente no aseguran dicha calidad y la documentación sobre el tema presenta vacíos de conocimiento, contradicciones entre resultados de investigaciones o insostenibilidad de conclusiones de las mismas. Estas carencias nos permiten determinar los aspectos a tratar durante la investigación. Por ello, este objetivo se concretó en tres acciones:

- Investigar sobre rendimientos de plantas convencionales en eliminación de microorganismos y productos tóxicos y peligrosos.
- Introducir mejoras que garanticen el rendimiento de las plantas convencionales.
- Investigar sobre la conveniencia de complementar las instalaciones existentes buscando seguridad y garantía sanitaria.

Y se desarrollaron tres líneas de investigación:

- **LI 1 “Inorgánicos”:** Investigación sobre la eliminación de los metales boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico y de coagulación-floculación-decantación.
- **LI 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”:** Investigación sobre la eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular y de oxidación avanzada.
- **LI 3 “Plantas portátiles”:** Investigación sobre plantas existentes portátiles para verificar su rendimiento teórico y proponer mejoras.

Estas líneas de investigación se desarrollaron tanto en el nivel teórico como en el empírico, bien sea en laboratorio como en campo.

A lo largo del documento se demuestra que las principales fuentes de contaminación, salvo la degradación de yacimientos naturales, proceden de la actividad humana (efluentes industriales y agrícolas, aguas residuales y actividades beligerantes) que provocan un amplio espectro de enfermedades por lo que dificultan tanto la definición de la fuente como la anticipada detección de la enfermedad.

Las principales conclusiones que se obtuvieron están relacionadas con el rendimiento de eliminación de los parámetros tras la aplicación de los procesos y plantas de tratamiento de aguas anteriormente reseñadas. Sin embargo, el verdadero elemento designador de originalidad de esta Tesis Doctoral, tal como se ha reseñado arriba, radica en la definición de un sistema seriado de procesos de tratamiento de aguas que asegura la calidad en caso de emergencia. Éste se define en el siguiente orden: pretratamiento, oxidación, coagulación-floculación-decantación, filtración por arena, intercambio iónico, carbón activo granular, microfiltración, radiación UV, ósmosis inversa, radiación UV y cloración final.

Abstract

Keywords: Emergency water supply; drinking water; drinking water treatment plant; relief agency; water treatment selection; terrorist attack; disaster.

The main objective of this Thesis is to obtain a chain of stepwise safe water treatments that allow us to ensure the quality of water for human consumption in case of emergencies, so that the effects of hostile actions, such as sabotage or terrorism, natural disasters, etc. and seek appropriate solutions in this case to ensure health. The existing commercial water treatment plants do not ensure quality, and the documentation on the subject presents knowledge gaps or contradictions. These gaps allow us to determine the issues to be discussed during the investigation. Therefore, this objective was manifested in three actions:

- Researching yields in commercial plants and microorganisms, or toxic and dangerous products removal.
- Improvements to ensure the performance of conventional plants.
- Inquire about the advisability of implementing existing facilities for safety and health guarantee.

And three lines of research are developed:

- **LI 1 “Inorganic elements”:** Research removing metals iron, copper and molybdenum by ion exchange processes and coagulation-flocculation-decantation.
- **LI 2 “Volatile Organic Compounds”:** Research removing organic compounds 1,1 dichloroethane, 1,2 dichloroethane, chlorobenzene, 1,3-dichloropropene and 1,3-butadiene hexachloro through processes of granular activated carbon and advanced oxidation.
- **LI 3 “Compact Water Treatment Plants”:** Research on existing packaged plants to verify theoretical performance and suggest improvements.

These lines of research are developed both theoretically and empirically, both in the laboratory and in the field.

Throughout the document, it is evident that the main sources of pollution, other than the degradation of natural deposits, come from human activity (industrial and agricultural effluents, sewage and belligerent activities) which cause a broad spectrum of diseases which hamper both the definition of the source and the early detection of the disease.

The main conclusions drawn are related to both the removal efficiency parameters after application of processes and treatment plants outlined above water. However, the real designator of originality of this thesis, such as outlined above, lies in the definition of a serial system water treatment processes assuring quality in case of emergency. This is defined in the following order: pretreatment, oxidation, coagulation-flocculation-sedimentation, sand filtration, ion exchange, granular activated carbon, microfiltration, UV radiation, reverse osmosis, UV radiation and final chlorination.

Acrónimos

Acrónimo	Nombre
ACNUR	Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados.
APHA	American Public Health Association.
ASTM	American Society for Testing Materials.
AWWA	American Waste Works Association.
CAG	Carbón activo granular.
CTN	Comités Técnicos de Normalización.
DML	Mínimo nivel de detección.
DWQS	Drinking Water Quality Standars.
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación.
ETSICCP	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
FM	Field Manual.
IARC	International Agency for Research of Cancer - Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer.
IDTMP	Ingesta diaria tolerable máxima provisional.
ISO	International Organization for Standardization.
ITD	Instituto de Toxicología de la Defensa.
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Aditives - Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.
MCL	Nivel máximo de contaminante.
MCLG	Nivel máximo de contaminante objetivo.
NPDWR	Reglamento Nacional Primario de Agua Potable.
NSDWR	Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
TG	Technical Guide.
TT	Técnica de Tratamiento.
UNE	Una Norma Española.
UPM	Universidad Politécnica de Madrid .
USACHPPM	United States Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine.
USEPA	United States Environmental Protection Agency.
WEF	Water Environment Federation.

Cuadro 1: Acrónimos

Contenido

1. Presentación del doctorando	31
1.1. Formación académica relacionada con la investigación	31
1.2. Fase de docencia	32
1.3. Fase de investigación	33
1.4. Solicitud de tesis y aprobación	34
1.5. Dirección de tesis	34
1.5.1. Director tesis doctoral	34
1.5.2. Tutor tesis doctoral	35
1.6. Investigación y experiencia complementaria	35
2. Generalidades	37
2.1. Justificación de la investigación.	37
2.2. Fundamentos teóricos del tratamiento de aguas.	37
2.3. La problemática de las aguas.	38
2.3.1. Contaminantes Naturales.	38
2.3.2. Contaminantes Manipulables.	43
2.3.3. Clasificación de los contaminantes según su tamaño.	43
2.4. Tratamiento del agua.	44
2.4.1. Pretratamientos.	44
2.4.2. Tratamientos fisicoquímicos (coagulación y floculación).	46
2.4.3. Decantación.	46
2.4.4. Flotación.	46
2.4.5. Barrido de aire.	47
2.4.6. Filtración.	47

2.4.7. Adsorción	49
2.4.8. Corrección de pH (Neutralización).	51
2.4.9. Desinfección.	51
2.4.10. Tratamientos electromagnéticos.	53
2.4.11. Precipitación química.	53
2.4.12. Derivados de otro tipo de tratamientos.	53
2.4.13. Tratamiento no convencional.	54
2.5. Escalonamiento de los procesos.	54
2.6. Conclusiones generalidades	54
3. Objetivos iniciales	57
3.1. Introducción	57
3.2. Preguntas a responder	57
3.3. Bases de la investigación	58
4. Investigación bibliográfica	61
4.1. Acceso a a bases de datos de referencias bibliográficas	62
4.1.1. Preparación de las palabras clave para la búsqueda informática	62
4.1.2. Acceso a los bancos de datos	62
4.1.3. Documentación seleccionada	65
4.2. Resumen de la investigación sobre la documentación recibida	65
4.2.1. Objetivo 1.-¿Se conocen todos los contaminantes que pueden afectar al hombre y al medio ambiente?	65
4.2.2. Objetivo 2.-¿Se conoce la influencia de los contaminantes sobre la salud humana?	131
4.2.3. Objetivo 3.-¿Cuáles son los tratamientos que reducen esos con- taminantes?	143
4.3. Frontera del conocimiento	214
4.3.1. Nivel de respuesta extraída de la investigación bibliográfica . .	214
4.3.2. Cuadro resumen	230
5. Objetivos definitivos de la investigación	231
6. Metodología de la investigación.	233

6.1. Metodología aplicada.	233
6.1.1. Justificación de los parámetros de estudio.	233
6.2. Parámetros que intervienen en el proceso.	235
6.2.1. Parámetros físicos.	236
6.2.2. Parámetros químicos inorgánicos.	237
6.2.3. Parámetros químicos orgánicos.	256
6.3. Metodología aplicada para la cuantificación de los parámetros.	261
6.4. Aparatos y equipos utilizados para la cuantificación de los parámetros.	268
6.4.1. Aparatos y equipos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.	268
6.4.2. Aparatos y equipos del laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.	273
6.5. Línea de investigación 1 “Inorgánicos”.	277
6.5.1. Caracterización de las aguas de origen.	277
6.5.2. Concentraciones de partida de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno.	279
6.5.3. Eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molib- deno mediante procesos de intercambio iónico.	279
6.5.4. Eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molib- deno mediante procesos de coagulación-floculación-decantación.	290
6.6. Línea de investigación 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”.	298
6.6.1. Caracterización de las aguas de origen.	298
6.6.2. Concentraciones de partida de los compuestos orgánicos 1,1 di- cloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno.	298
6.6.3. Eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular.	299
6.6.4. Eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de oxidación avanzada.	302
6.7. Producción ozono.	307
6.7.1. Determinación de la cantidad de ozono en el aire ozonizado.	307
6.8. Línea de investigación 3 “Plantas portátiles”.	310

6.8.1.	Rendimiento de las plantas compactas comerciales en servicio (SETA 3E/1000UE y Stellar Metafilter 8M36)	310
6.9.	Planificación temporal	315
7.	Presentación, análisis y discusión de los resultados	321
7.1.	Presentación, análisis y discusión de resultados en referencia a la LI 1.	321
7.1.1.	En relación con la eliminación del boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico (OBJDEF 1).	321
7.1.2.	En relación con la eliminación de boro, cromo y molibdeno mediante coagulación-floculación-decantación (OBJDEF 2).	322
7.2.	Presentación, análisis y discusión de resultados en referencia a la LI 2.	359
7.2.1.	En relación con la eliminación del clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular (OBJDEF 3).	359
7.2.2.	En relación con la eliminación del clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de oxidación avanzada (OBJDEF 4).	360
7.2.3.	Análisis de resultados obtenidos mediante procesos de oxidación avanzada	440
7.3.	Presentación, análisis y discusión de resultados en referencia a la LI 3.	454
7.3.1.	En relación con el rendimiento teórico de las plantas compactas comerciales en servicio, en particular la SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36 (OBJDEF 5).	454
7.3.2.	En relación con el rendimiento real de las plantas compactas comerciales en servicio, en particular la SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36 (OBJDEF 5).	457
7.3.3.	En relación con las mejoras de las líneas existentes con los procesos analizados, señalando la garantía sanitaria que se puede alcanzar (OBJDEF 6).	463
8.	Conclusiones	465
8.1.	Conclusiones de los objetivos planteados	465
8.1.1.	Conclusiones de la LI 1 “Inorgánicos”	465
8.1.2.	Conclusiones de la LI 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”	466
8.1.3.	Conclusiones de la LI 3 “Plantas portátiles”	468

9. Otras líneas de investigación	471
A. Legislación utilizada relativa a las aguas de consumo humano	472
A.1. Procedencia del agua destinada para el consumo humano.	473
A.1.1. Legislación Civil Nacional	473
A.2. Calidad de los cursos de agua, secciones de ríos, lagos o estanques necesaria para ser tratadas y posteriormente aptas para el consumo humano	475
A.2.1. Legislación Civil Nacional	475
A.3. Calidad exigida por la legislación para el agua destinada para el con- sumo humano.	477
A.3.1. Legislación Civil Nacional	477
A.3.2. Legislación Civil Internacional	482
A.3.3. Legislación Militar Nacional	640
A.3.4. Legislación Militar Internacional	649
A.4. Objetivo: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada?	659
A.4.1. Legislación Civil Nacional	659
A.4.2. Legislación Civil Internacional	662
A.4.3. Legislación Militar Internacional	676
B. Tratamientos basados en la oxidación	680
B.1. Autor: Ovejero Escudero et al. (69).	680
B.2. Autor: Ormad Melero et al. (67).	681
B.3. Autor: Ortega et al. (68).	682
B.4. Autor: García Molina et al. (36).	683
B.5. Autor: Katrin Winarno et al. (51).	683
B.6. Autor: España (57).	683
B.7. Autor: Benítez et al. (8).	684
B.8. Autor: Appleman et al. (2).	685
B.9. Autor: García-Ac et al. (35).	685
B.10. Autor: Lamsal et al. (56).	685
B.11. Autor: Katsoyiannis et al. (52).	686
B.12. Autor: Baeza et al. (6).	686

B.13.Autor: Edzwald et al. (23).	686
B.14.Autor: Rivera-Utrilla et al. (74).	687
B.15.Autor: Matilainen et al. (61).	687
B.16.Autor: Xuexiang et al. (96).	687
B.17.Autor: Drzewicz et al. (22).	688
B.18.Autor: Goslan et al. (37).	688
B.19.Autor: Khan et al. (53).	688
B.20.Autor: Wols et al. (92).	689
B.21.Autor: Xiao et al. (95).	689
B.22.Autor: Black et al. (9).	690
B.23.Autor: Toor et al. (81).	690
B.24.Autor: Sanchez-Polo et al. (80).	691
B.25.Autor: Van Geluwe et al. (89).	691
B.26.Autor: Pisarenko et al. (70).	691
B.27.Autor: Rao et al. (73).	692
B.28.Autor: Liu et al. (58).	692
B.29.Autor: Wu et al. (93).	692
B.30.Autor: Qiang et al. (71).	692
B.31.Autor: Shin et al. (77).	693
B.32.Autor: Kleiser et al. (55).	693
B.33.Autor: Maniero et al. (59).	693
B.34.Autor: Jung et al. (50).	694
B.35.Autor: Medellin-Castillo et al. (62).	694
B.36.Autor: varios.	694
B.37.Autor: Greifenstein et al. (38).	694
B.38.Autor: Illés2014 et al. (45).	695
B.39.Autor: Ocampo-Pérez et al. (65).	695
B.40.Autor: Zhao et al. (97).	695
B.41.Autor: Velo-Gala et al. (90).	696
B.42.Autor: Han et al. (40).	696
B.43.Autor: Ben-Sasson et al. (7).	697
B.44.Autor: Xiang et al. (94).	697

B.45.Autor: Epimakhov et al. (27).	697
B.46.Autor: Han et al. (39).	698
B.47.Autor: Udovyk (82).	699
C. Tratamientos que reducen la radiactividad	700
C.1. Autor: Consejo de Seguridad Nacional (98).	700
C.2. Autor: Straub, Conrad P (4).	702

Lista de Cuadros

1.	Acrónimos	IX
1.1.	Expediente académico fase de docencia	33
1.2.	Resumen de créditos de la fase de docencia	33
1.3.	Expediente académico fase de docencia	34
2.1.	Clasificación de las partículas según su tamaño	43
2.2.	Escalonamiento de los procesos. Cuadro I	55
2.3.	Escalonamiento de los procesos. Cuadro II	56
4.1.	Comparativa legislación civil. Cuadro I	77
4.2.	Comparativa legislación civil. Cuadro II	78
4.3.	Comparativa legislación civil. Cuadro III	79
4.4.	Comparativa legislación civil. Cuadro IV	80
4.5.	Comparativa legislación civil. Cuadro V	81
4.6.	Comparativa legislación civil. Cuadro VI	82
4.7.	Comparativa legislación civil. Cuadro VII	83
4.8.	Comparativa legislación civil. Cuadro VIII	84
4.9.	Comparativa legislación civil. Cuadro IX	85
4.10.	Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro I . . .	91
4.11.	Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro II . .	92
4.12.	Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro III . .	93
4.13.	Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro IV . .	94

4.14. Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro V . .	95
4.15. Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro VI . .	96
4.16. Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro VII .	97
4.17. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro I . .	101
4.18. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro II .	102
4.19. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro III .	103
4.20. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro IV .	104
4.21. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro V .	105
4.22. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro VI .	106
4.23. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro VII	107
4.24. Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro VIII	108
4.25. Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante corto plazo >7 días. Cuadro I . . .	111
4.26. Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante corto plazo >7 días. Cuadro II . .	112
4.27. Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante corto plazo >7 días. Cuadro III . .	113
4.34. Efectos sobre la salud. Parámetros físicos	131
4.35. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos inorgánicos. (I)	132
4.36. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos inorgánicos. (II)	133
4.37. Efectos sobre la salud. Parámetros microbiológicos. (I)	134
4.38. Efectos sobre la salud. Parámetros microbiológicos. (II)	135
4.39. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (I)	136
4.40. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (II)	137
4.41. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (III)	138
4.42. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (IV)	139
4.43. Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (V)	140
4.44. Efectos sobre la salud. Parámetros relacionados con la guerra química.	142
4.45. Efectos sobre la salud. Parámetros relacionados con la radiactividad. .	143
4.55. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro I	169

4.56. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro II	170
4.57. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro III	171
4.58. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro IV	172
4.59. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro V	173
4.60. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro VI	174
4.61. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro VII	175
4.62. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro VIII	176
4.63. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro IX	177
4.64. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro X	178
4.65. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XI	179
4.66. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XII	180
4.67. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XIII	181
4.68. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XIV	182
4.69. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XV	183
4.70. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XVI	184
4.71. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XVII	185
4.72. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XVIII	186
4.73. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XIX	187

4.74. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XX	188
4.75. Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros. Cuadro XXI	189
4.76. Plantas de tratamiento de aguas portátiles. (Cuadro I)	191
4.77. Plantas de tratamiento de aguas portátiles. (Cuadro II)	192
4.78. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro I)	193
4.79. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro II)	194
4.80. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro III)	195
4.81. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro IV)	196
4.82. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro V)	197
4.83. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro VI)	198
4.84. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro VII)	199
4.85. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro VIII)	200
4.86. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro IX)	201
4.87. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro X)	202
4.88. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XI)	203
4.89. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XII)	204
4.90. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XIII)	205
4.91. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XIV)	206
4.92. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XV)	207

4.93. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XVI)	208
4.94. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XVII)	209
4.95. Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XVIII)	210
4.96. Eficacia de las plantas de tratamiento de aguas portátiles con respecto a la legislación civil.	212
4.97. Eficacia de las plantas de tratamiento de aguas portátiles con respecto a la legislación militar.	213
4.98. Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro I	219
4.99. Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro II	220
4.100Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro III	221
4.101Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro IV	222
4.102Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro V	222
4.103Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro I	224
4.104Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro II	225
4.105Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro III	226
4.106Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro IV	227
4.107Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro V	227
4.108Cuadro resumen de la investigación bibliográfica.	230
6.1. Rendimientos alcanzables parámetro aluminio	238
6.2. Rendimientos alcanzables parámetro antimonio	240
6.3. Rendimientos alcanzables parámetro arsénico	242
6.4. Rendimientos alcanzables parámetro cadmio	244
6.5. Rendimientos alcanzables parámetro cobre	246
6.6. Rendimientos alcanzables parámetro cromo	247
6.7. Rendimientos alcanzables parámetro hierro	248
6.8. Rendimientos alcanzables parámetro manganeso	250

6.9. Rendimientos alcanzables parámetro níquel	252
6.10. Rendimientos alcanzables parámetro plomo	254
6.11. Rendimientos alcanzables parámetro uranio	256
6.12. Rendimientos alcanzables parámetro clorobenceno	257
6.13. Rendimientos alcanzables parámetro 1,2-dicloroetano (1,2-DCE) . . .	259
6.14. Rendimientos alcanzables parámetro hexacloro 1,3 butadieno	261
6.15. Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (I)	262
6.16. Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (II)	263
6.17. Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (III)	264
6.18. Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (IV)	265
6.19. Procedimientos normalizados de trabajos en el laboratorio de la Cá- tedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ETSICCP-UPM)	266
6.20. Técnica analítica aplicada a los diversos parámetros	267
6.21. Caracterización de las aguas de origen LI 1 y LI 2 - (I)	277
6.22. Caracterización de las aguas de origen LI 1 y LI 2 - (II)	278
6.23. Caracterización de las aguas de origen LI 1 y LI 2 - (III)	278
6.24. Datos de origen ensayos con los elementos inorgánicos	279
6.28. Cuadro de datos sobre recta de regresión lineal de producción de ozono	296
6.29. Determinación de las concentraciones de partida de los ensayos de OAV.	299
6.31. Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 01	310
6.32. Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 03	311
6.33. Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 04	311
6.34. Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 05	312
6.35. Cronograma desarrollo Tesis Doctoral.	315
6.25. Coagulantes basados en sales de aluminio. Fuente: (21)	316
6.26. Coagulantes basados en sales de hierro. Fuente: (21)	317
6.27. Otros coagulantes. Fuente: (21)	318
6.30. Assessment of the Amenability of Various Contaminant and Conta- minant Classes to Oxidation Transformation (44).	319

7.1. FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	325
7.2. FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	328
7.3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	331
7.4. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	334
7.5. $\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	337
7.6. $\text{O}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	340
7.7. Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	341
7.8. Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	342
7.9. Turbidez inicial (NTU)	343
7.10. Turbidez final (NTU)	344
7.11. pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH) .	345
7.12. pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH) . .	346
7.13. pH inicial medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (Unidades de pH)	347
7.14. pH final (Unidades de pH)	348
7.15. Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	349
7.16. Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV) .	350
7.17. Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	351
7.18. Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	352
7.19. Boro final (mg/L)	353
7.20. Cobre final (mg/L)	354
7.21. Molibdeno final (mg/L)	355
7.22. Porcentaje de reducción de boro (%)	356
7.23. Porcentaje de reducción de cobre (%)	357
7.24. Porcentaje de reducción de molibdeno (%)	358
7.25. Porcentaje de eliminación de los compuestos tras CAG	359
7.26. Porcentaje de eliminación de Clorobenceno	360
7.27. Porcentaje de eliminación de 1,1 Dicloroetano	361
7.28. Porcentaje de eliminación de 1,2 Dicloroetano	362
7.29. Porcentaje de eliminación de 1,3 Dicloropropeno	363
7.30. Porcentaje de eliminación de Hexacloro 1,3 butadieno	364
7.31. Porcentaje de consumo de ozono	365

7.32. Porcentaje de consumo de ozono - O_3 / UV-C	366
7.33. Porcentaje de consumo de ozono - O_3 / H_2O_2 / UV-C	366
7.34. Porcentaje de consumo de ozono - O_3 / H_2O_2 / TiO_2 / UV-C	366
7.35. Rendimiento de eliminación de Clorobenceno	441
7.36. Rendimiento de eliminación de 1,1 Dicloroetano	442
7.37. Rendimiento de eliminación de 1,2 Dicloroetano	443
7.38. Rendimiento de eliminación de 1,3 Dicloropropeno	444
7.39. Rendimiento de eliminación de Hexacloro 1,3 butadieno	445
7.40. Rendimiento con C1 con 1,5 mg H_2O_2 /L	446
7.41. Rendimiento con C1 sin 1,5 mg H_2O_2 /L	446
7.42. Rendimiento con C2 con 1,5 mg H_2O_2 /L	447
7.43. Rendimiento con C3 con 1,5 mg H_2O_2 /L	447
7.44. Rendimiento con C3 sin 1,5 mg H_2O_2 /L	448
7.45. Rendimiento con C4 con 1,5 mg H_2O_2 /L	448
7.46. Rendimiento con C4 sin 1,5 mg H_2O_2 /L	449
7.47. Rendimiento con 1,5 mg H_2O_2 /L	449
7.48. Rendimiento sin 1,5 mg H_2O_2 /L	450
7.49. Rendimiento con 3,27 mg O_3 /L	450
7.50. Rendimiento con 6,07 mg O_3 /L	451
7.51. Rendimiento con 11,08 mg O_3 /L	452
7.52. Rendimiento con 1 TiO_2 g/L	452
7.53. Rendimiento sin 1 TiO_2 g/L	453
7.54. Stellar Metafilter 8M36. Rendimiento teórico esperado durante los ensayos	454
7.55. SETA 3E/1000UE. Rendimiento teórico esperado durante los ensayos	456
7.56. Stellar Metafilter 8M36 - Parámetros inorgánicos	457
7.57. Stellar Metafilter 8M36 - Compuestos orgánicos volátiles	458
7.58. Rendimiento real - SETA 3E/1000UE	459
7.59. Stellar Metafilter 8M36 - Parámetros químicos inorgánicos	461
7.60. Stellar Metafilter 8M36 - Compuestos orgánicos volátiles	461
7.61. SETA 3E/1000UE - Parámetros químicos inorgánicos	462
7.62. SETA 3E/1000UE - Compuestos orgánicos volátiles	462

A.1. Características básicas de calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable. Orden de 11 de mayo de 1988 (28). Cuadro I	473
A.2. Características básicas de calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable. Orden de 11 de mayo de 1988 (28). Cuadro II	474
A.3. Calidad general del agua. Directiva 75/440/CEE (13)	475
A.4. Calidades de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Directiva 75/440/CEE (13)	476
A.5. Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en España. Real Decreto 140/2003 (29)	477
A.6. Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en la Unión Europea. Directiva 98/83/CE (12)	480
A.7. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19)	482
A.8. Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros microbiológicos y parasitológicos (19).	488
A.9. Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros microbiológicos y parasitológicos (19).	489
A.10. Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros subproductos de los procesos de tratamientos (19).	490
A.11. Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros organolépticos (19).	491
A.12. Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros radiológicos (19).	491
A.13. SanPin 2.1.4.1074-01, Valores no exigibles de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19)	492
A.14. Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Organoleptic and Physical parameters(46)	552
A.15. Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undesirable in excessive amounts(46). Cuadro I	553
A.16. Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undesirable in excessive amounts(46). Cuadro II	554

A.17.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undersirable in excessive amounts(46). Cuadro III	555
A.18.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undersirable in excessive amounts(46). Cuadro IV	556
A.19.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Parameters concerning toxic substances(46). Cuadro I	557
A.20.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Parameters concerning toxic substances(46). Cuadro II	558
A.21.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Parameters concerning radioactive substances(46)	559
A.22.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Pesticide residues limits and test method(46)	560
A.23.Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Bacteriological quality of drinking water(46)	561
A.24.Japan. Drinking Water Quality Standards(49)	562
A.24.Japan. Drinking Water Quality Standards(49)	563
A.25.Japan. Complementary items to Set the Targets for Water Quality Management(49)	564
A.26.Japan. Items for Further Study(49)	565
A.26.Japan. Items for Further Study(49)	566
A.27.Chinese Environmental Quality Standars for Surface Water (15). Cuadro I	568
A.28.Chinese Environmental Quality Standars for Surface Water (15). Cuadro II	569
A.29.Chinese Environmental Quality Standars for Surface Water (15). Cuadro III	570
A.30.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro I	572
A.31.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro II	573
A.32.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro III	574
A.33.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro IV	575

A.34.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro I	577
A.35.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro II	578
A.36.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro III	579
A.37.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro IV	580
A.38.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro V	581
A.39.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro VI	582
A.40.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro VII	583
A.41.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro VIII	584
A.42.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro IX	585
A.43.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro X	586
A.44.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XI	587
A.45.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XII	588
A.46.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XI	589
A.47.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XII	590
A.48.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XIII	591
A.49.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XIV	592
A.50.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XV	593
A.51.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XVI	594

A.52.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XVII	595
A.53.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XVIII	596
A.54.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XIX	597
A.55.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XX	598
A.56.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXI	599
A.57.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXII	600
A.58.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXIII	601
A.59.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXIV	602
A.60.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXV	603
A.61.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXVI	604
A.62.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXVII	605
A.63.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXVIII	606
A.64.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXIX	607
A.65.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXX	608
A.66.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Radiological Parameters (11). Cuadro I	610
A.67.Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Archived Documents (11)	611
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3)	612
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	613

[illegible]

A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	632
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	633
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	634
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	635
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	636
A.68.Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)	637
A.69.Criterios mínimos de potabilidad de aguas durante operaciones de artículo 5 o consumo eventual –inferior a 7 días– en cualquier operación terrestre (34)	640
A.70.Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-01 (64)	642
A.71.Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-02 (64). Cuadro I	643
A.72.Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-02 (64). Cuadro II	644
A.73.Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-03 (64)	645
A.74.Criterios mínimos de potabilidad del agua para largos períodos y frecuencia de control de comprobación. STANAG 2136 Anexo B-01 (64)	646
A.75.TB MED 577, Short-term potability military field water standards (87).	649
A.76.TB MED 577, Long-term potability military field water standards (87).	650
A.77.Basic water quality surveillance parameters and field equipment capabilities (85). Cuadro I	654
A.78.Basic water quality surveillance parameters and field equipment capabilities (85). Cuadro II	655

A.79. Parámetros definitorios de la calidad de agua potable del Departamento de Defensa USA y de los compromisos militares internacionales en campaña (85). Cuadro I	656
A.80. Parámetros definitorios de la calidad de agua potable del Departamento de Defensa USA y de los compromisos militares internacionales en campaña (85). Cuadro II	657
A.81. Water surveillance monitoring parameters and recommended frequencies(85).	658
A.82. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en España. Real Decreto 1744/2003 (30)	659
A.83. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en la Unión Europea. Real Decreto 1744/2003 (30)	661
A.84. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas permitidas	663
A.85. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas inorgánicas contaminantes	664
A.86. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas orgánicas volátiles contaminantes	664
A.87. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de pesticidas y otras sustancias químicas orgánicas sintéticas	665
A.88. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas contaminantes incluídas en el Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable de la EPA	667
A.89. Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. I. Criterios de propiedades estéticas(20).	668
A.90. Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. II. Criterios de composición química nociva(20).	669
A.90. Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. II. Criterios de composición química nociva(20).	670
A.91. Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. III. Criterios de seguridad radiológica(20).	671
A.92. Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. IV. Criterios microbiológicos y parasitológicos(20).	671

A.92. Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. IV. Criterios microbiológicos y parasitológicos(20).	672
A.93. Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en India. IS 14543 (47) e IS 13428(48)	673
A.94. TB MED 577, Long-term potability military bottled water standards (87).	676
C.1. Reducción de radiactividad soluble por coagulación química	703
C.2. Reducción de radiactividad en laboratorio por filtración con arena . .	704
C.3. Reducción de radiactividad mediante intercambio iónico	705

Lista de Figuras

2.1. Principales tratamientos del agua.	45
6.1. Cromatógrafo de gases equipado con espectrómetro de masas y sistema de purga y trampa con automuestreador.	268
6.2. Conductivímetro THERMO ORION 150.	268
6.3. Potenciómetro THERMO ORION 720.	269
6.4. Turbidímetro EUTECH TN-100.	269
6.5. Detector de conductividad (819 IC); Centro de separación con inyector y módulo de supresión química (820 IC); Advanced sampler (838); Amortiguador de pulsaciones; Columna para aniones METRHOM Metrosep A Supp 7-250/4 mm.	270
6.6. Espectrofotómetro ultravioleta visible Termospectronic AQUAMATE.	270
6.7. Equipo HACH TOC IL500: UV/Baja T ^a / Persulfato/Oxidación húmeda/NDIR.	270
6.8. Sistema de análisis de mercurio con inyección de flujo que utiliza la técnica de espectroscopía de absorción atómica y vapor frío (CV AAS). Perkin Elmer FIMS-400 con automuestreador AS-90.	271
6.9. Espectrometro de masas ICP Perkin Elmer ICP-MS ELAN 610.	271
6.10. Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300 Perkin Elmer AAnalyst 300.	272
6.11. Analizador de escintilación mediante centelleo líquido Perkin Elmer TRICAB 3100 TR.	272
6.12. Contador proporcional de flujo continuo gas de bajo fondo BERTHOLD LB770.	272
6.13. Balanza de precisión METTLER AE 200.	273
6.14. EMD Millipore Direct-Q 5.	273
6.15. Miele PROFESSIONAL O 7895.	274
6.16. Conductivímetro CRISON 524 (detalle).	274

6.17. Conductivímetro CRISON 524 (conjunto).	275
6.18. Medidor de pH y potencial REDOX CRISON 507 (detalle).	275
6.19. Medidor de pH y potencial REDOX CRISON 507 (conjunto).	275
6.20. Espectrofotómetro UV MILTON ROY COMPANY SPECTRONIC 20D.	276
6.21. Ozonizador.	276
6.22. Estufa.	276
6.23. Columna de intercambio iónico	280
6.24. Intercambiador de cationes fuertemente ácido para análisis ≥ 1.7 mmol/mL. Escala cuadrícula 1x1 mm ²	281
6.25. Intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL. Escala cuadrícula 1x1 mm ²	282
6.26. Evolución de la concentración de salida de cobre del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.	286
6.27. Evolución de la conductividad a la salida del intercambiador de ca- tiones fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.	286
6.28. Evolución del pH a la salida del intercambiador de cationes fuerte- mente ácido 1.7 mmol/mL.	287
6.29. Evolución de la turbidez a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.	287
6.30. Evolución de la concentración de salida de cobre del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL.	288
6.31. Evolución de la conductividad a la salida del intercambiador de ca- tiones fuertemente ácido 1.9 mval/mL.	288
6.32. Evolución del pH a la salida del intercambiador de cationes fuerte- mente ácido 1.9 mval/mL.	289
6.33. Evolución de la turbidez a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL.	289
6.34. Esquema del dispositivo de ozonización.	293
6.35. Dispositivo de ozonización en funcionamiento (I).	293
6.36. Dispositivo de ozonización en funcionamiento (II). Burbujeador 1. . .	294
6.37. Dispositivo de ozonización en funcionamiento (III). Burbujeador 2. . .	294
6.38. Esquema ozonizador con elementos saturados de ozono.	295
6.39. Elementos saturados de ozono.	295
6.40. Recta de regresión lineal de producción de ozono	296

6.41. Columna de carbón activo granular	300
6.42. Carbón activo granular	301
6.43. Sistema de lámpara UV-C.	306
7.1. Cloruro férrico con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	324
7.2. Cloruro férrico con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	327
7.3. Sulfato de aluminio con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	330
7.4. Sulfato de aluminio con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	333
7.5. Ozono + Cloruro férrico con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	336
7.6. Ozono + Sulfato de aluminio con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos	339
7.7. Turbidez inicial medida en laboratorio	341
7.8. Turbidez final medida en laboratorio	342
7.9. Turbidez inicial	343
7.10. Turbidez final	344
7.11. pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela	345
7.12. pH final medido en el laboratorio de la Escuela	346
7.13. pH inicial medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa	347
7.14. pH final medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa	348
7.15. Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela	349
7.16. Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela	350
7.17. Conductividad inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa	351
7.18. Conductividad final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa	352
7.19. Boro final	353
7.20. Cobre final	354
7.21. Molibdeno final	355
7.22. Porcentaje de reducción de boro	356
7.23. Porcentaje de reducción de cobre	357
7.24. Porcentaje de reducción de molibdeno	358
7.25. Porcentaje de reducción de C1 de Clorobenceno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	368

7.26. Porcentaje de reducción de C1 de Clorobenceno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	369
7.27. Porcentaje de reducción de C2 de Clorobenceno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	370
7.28. Porcentaje de reducción de C3 de Clorobenceno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	371
7.29. Porcentaje de reducción de C3 de Clorobenceno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	373
7.30. Porcentaje de reducción de C4 de Clorobenceno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	374
7.31. Porcentaje de reducción de C4 de Clorobenceno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	375
7.32. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	376
7.33. Porcentaje de reducción de Clorobenceno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	377
7.34. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 3,27 mg O ₃ /L	378
7.35. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 6,07 mg O ₃ /L	379
7.36. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 11,08 mg O ₃ /L	380
7.37. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 1 TiO ₂ g/L	381
7.38. Porcentaje de reducción de Clorobenceno sin 1 TiO ₂ g/L	382
7.39. Porcentaje de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	383
7.40. Porcentaje de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	384
7.41. Porcentaje de reducción de C2 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	385
7.42. Porcentaje de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	386
7.43. Porcentaje de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	387
7.44. Porcentaje de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	388
7.45. Porcentaje de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	389
7.46. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L . . .	390
7.47. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L . . .	391
7.48. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 3,27 mg O ₃ /L	392
7.49. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 6,07 mg O ₃ /L	393
7.50. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 11,08 mg O ₃ /L . . .	394
7.51. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1 TiO ₂ g/L	395
7.52. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1 TiO ₂ g/L	396
7.53. Porcentaje de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	397
7.54. Porcentaje de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	398
7.55. Porcentaje de reducción de C2 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	399
7.56. Porcentaje de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	400
7.57. Porcentaje de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	401

7.58. Porcentaje de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	402
7.59. Porcentaje de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	403
7.60. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L . . .	404
7.61. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L . . .	405
7.62. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 3,27 mg O ₃ /L	406
7.63. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 6,07 mg O ₃ /L	407
7.64. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 11,08 mg O ₃ /L . . .	408
7.65. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1 TiO ₂ g/L	409
7.66. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1 TiO ₂ g/L	410
7.67. Porcentaje de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	411
7.68. Porcentaje de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	413
7.69. Porcentaje de reducción de C2 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	414
7.70. Porcentaje de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	415
7.71. Porcentaje de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	416
7.72. Porcentaje de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	417
7.73. Porcentaje de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	418
7.74. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L .	419
7.75. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L . .	420
7.76. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 3,27 mg O ₃ /L . .	421
7.77. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 6,07 mg O ₃ /L . .	422
7.78. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 11,08 mg O ₃ /L . .	423
7.79. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1 TiO ₂ g/L	424
7.80. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1 TiO ₂ g/L	425
7.81. Porcentaje de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	426
7.82. Porcentaje de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	427
7.83. Porcentaje de reducción de C2 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	428

7.84. Porcentaje de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	429
7.85. Porcentaje de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	430
7.86. Porcentaje de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	431
7.87. Porcentaje de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	432
7.88. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	433
7.89. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	434
7.90. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 3,27 mg O ₃ /L	435
7.91. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 6,07 mg O ₃ /L	436
7.92. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 11,08 mg O ₃ /L	437
7.93. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1 TiO ₂ g/L .	438
7.94. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1 TiO ₂ g/L .	439

Capítulo 1

Presentación del doctorando

Autor:

José Luis Ruiz García.

Comandante del Cuerpo General del Ejército de Tierra, Diplomado en Estado Mayor, Especialidad Fundamental Ingenieros.

1.1. Formación académica relacionada con la investigación

El autor pertenece a la LIV promoción de la Escala Superior de Oficiales de la Academia General Militar (Zaragoza), que dentro de su Especialidad Fundamental –Ingenieros–, corresponde a la 181ª promoción de Oficiales de la Academia de Ingenieros del Ejército (Hoyo de Manzanares - Madrid). Dicha formación la realizó entre 1994 y 1999.

Posteriormente, se especializó con la adquisición de los diplomas de Vías de Comunicación¹ (2005) y de Castrametación² (2008).

---

¹El Curso de Vías de Comunicación tiene como finalidad proporcionar a los Oficiales del Cuerpo General de las Armas, Escala Superior de Oficiales de la Especialidad Fundamental de Ingenieros, el grado de especialización necesario que les faculte técnicamente para el desempeño de las actividades de mando, asesoramiento, dirección y gestión en las misiones de apoyo a la movilidad y a la protección y de apoyo general, todas éstas relacionadas con las vías de comunicación, así como para la elaboración y dirección técnica de proyectos normalizados.

²El Curso de Castrametación tiene como finalidad proporcionar a los Oficiales del Cuerpo General de las Armas de la Especialidad Fundamental de Ingenieros el grado de especialización necesario que les faculte técnicamente para el desempeño de actividades de mando, asesoramiento y dirección y gestión en las misiones de Ingenieros de apoyo a la protección y de apoyo general relacionadas con la construcción de campamentos y rehabilitación y reparación somera de edificios

En 2006 pasó destinado a la Academia de Ingenieros del Ejército como Profesor Titular del Departamento de Castrametación, Vías de Comunicación y Sistemas de Armas de Ingenieros. (2006-2010)

Tras su ascenso a comandante, pasó destinado a la misma Academia como Director del Departamento de Instrucción y Adiestramiento de Enseñanza Militar de Oficiales de Ingenieros ejerciendo de forma simultánea como Profesor Titular. (2010-2011)

En la actualidad, está destinado como Jefe de Operaciones (G-3 Planes) del Mando de Ingenieros.

1.2. Fase de docencia

- **Acceso a la Universidad:** Titulado (arquitecto, ingeniero, licenciado o asimilado)
- **Universidad de procedencia:** Universidad Politécnica de Madrid
- **Centro:** Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos
- **Plan de estudios:** 425A Territorio y Medio Ambiente
- **Expediente:** 186

Durante el curso académico 2005-2006 realiza los estudios correspondientes a la fase de docencia. Las asignaturas cursadas del expediente con sus correspondientes calificaciones son las siguientes:

---

e instalaciones, así como para la elaboración y dirección técnica de proyectos normalizados.

Asignatura	Cred	Tip	Calificación	
HIDROGEOLOGÍA	3	A	APROBADO	5
PROCESOS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	5	F	APROBADO	5
TRATAMIENTO DE AGUAS POTABLES. DESINFECCIÓN EN LA REUT	5	F	SOBRESAL.	9
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. RECUPERACIÓN DE SUELOS	5	F	NOTABLE	7
LEGISLACIÓN AMBIENTAL, IMPACTOS AMBIENTALES Y ADITORI	5	F	NOTABLE	7,5

Cuadro 1.1: Expediente académico fase de docencia

Resumen de créditos de la fase de docencia

Tipo de asignatura	Cred. requeridos	Cred. Conseguidos
Afn(A)	0	3
Fundamental(F)	0	20

Cuadro 1.2: Resumen de créditos de la fase de docencia

Créditos aprobados durante la fase docencia: 23

1.3. Fase de investigación

- **Acceso a la Universidad:** Titulado (arquitecto, ingeniero, licenciado o asimilado)
- **Universidad de procedencia:** Universidad Politécnica de Madrid
- **Centro:** Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos
- **Plan de estudios:** 425A Territorio y Medio Ambiente
- **Expediente:** 186

La asignatura cursada durante la elaboración del trabajo tutelado:

Código	Asignatura	Plan	T	Gr	Créd.	D	Mt
41000630	EMPLEO DE MEMBRANAS REUTILIZA. DE LAS AGUAS(T)	425A	R	1	12	A	1

Cuadro 1.3: Expediente académico fase de docencia

- **Título:** Empleo de membranas en la reutilización de las aguas
- **Subtítulo:** Límites de los procesos
- **Calificación:** Notable
- **Créditos aprobados durante la fase investigación:** 12

1.4. Solicitud de tesis y aprobación

Con fecha 27 de enero de 2008 solicita la aceptación del Proyecto de Tesis Doctoral titulado: “Investigación sobre Tratamientos de Aguas Seguros en Emergencias” que fue aprobado el 25 de febrero de 2008 por la Comisión de Doctorado del Departamento de Ingeniería Civil-Ordenación del Territorio y Urbanismo y Medio Ambiente de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

La Comisión de Postgrado de Doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid, en su reunión de 25 de abril de 2008, aprobó que la tesis doctoral fuese dirigida por el doctor D. Aurelio Hernández Muñoz.

Con fecha 8 de mayo de 2008, la Subdirección de Planificación Académica procedió a registrar el título de tesis en la citada Escuela.

1.5. Dirección de tesis

1.5.1. Director tesis doctoral

- Aurelio Hernández Muñoz. Doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Catedrático de Universidad.

1.5.2. Tutor tesis doctoral

- Manuel Gil Rodríguez. Doctor en Ingeniería Química. Perteneciente al Centro Superior de Investigaciones Científicas. Profesor Titular de Universidad.

1.6. Investigación y experiencia complementaria

El autor ha participado en las siguientes actividades relacionadas con esta tesis doctoral:

- 2003 - 2004 Asesoramiento sobre la red principal de abastecimiento de agua potable de Camp Warehouse (Kabul - Afganistán).
- 2005 - 2006 Construcción de varios pozos de abastecimiento de agua potable con sistemas de decantación para la población local de la ciudad de Qala-i-Naw (Badghis - Afganistán).
- 2007 - 2015 Asesoramiento en materia de instalaciones de abastecimiento de agua en Zona de Operaciones.

Voy a trabajar sobre “Tratamientos de Aguas Seguros en Emergencias”.

Capítulo 2

Generalidades

2.1. Justificación de la investigación.

“El agua tan escuetamente designada por esta palabra es a fin de cuentas una solución acuosa de varios componentes inorgánicos y orgánicos a los cuales sirve como disolvente, es además el hábitat y vehículo de una variopinta serie de seres vivos. Ni las sustancias disueltas –salvo contadas excepciones–, ni los seres vivos vehiculados son admisibles en agua destinada al consumo humano. De ahí la necesidad de su eliminación en las plantas de tratamiento.” (42)

Pocas cosas hay tan importantes para la vida como el agua potable. Las aguas naturales son susceptibles de estar contaminadas por vertidos de aguas usadas, o simplemente por aguas de lluvia, que arrastran hacia los cauces o las capas freáticas cantidades variables de productos contaminantes. Pero esta contaminación puede no provenir sólo de fuentes naturales, sino también de sabotajes, actos terroristas, desastres naturales, etc. Esta contaminación es a menudo fuente de enfermedades y muerte. Las plantas de tratamientos de aguas existentes comercialmente no aseguran dicha calidad.

2.2. Fundamentos teóricos del tratamiento de aguas.

Para poder afrontar los condicionantes necesarios en aras de establecer un sistema seriado de tratamientos de agua, en primer lugar, hemos de definir la amenaza. Ésta viene determinada por los diversos contaminantes que puede transportar. Tras acotar el problema es preciso definir los diversos tratamientos comúnmente utilizados y cómo deben ir escalonados para eliminar la amenaza de forma efectiva.

2.3. La problemática de las aguas.

Para la elaboración de la presente sección me he basado en las siguientes publicaciones de la bibliografía: (42, 54)

El agua pura es inodora, insípida e incolora. Excepto en estado vapor, no se puede encontrar agua que no contenga impurezas. Dependiendo de la calidad¹ de la misma, definida por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, se podrá clasificar para los distintos usos.

2.3.1. Contaminantes Naturales.

El tipo de contaminantes que contiene el agua viene determinado por el proceso de incorporación del mismo. Atendiendo al ciclo hidrológico, una vez el vapor de agua se condensa en gotas que caen en forma de lluvia. Estas gotas absorben las partículas de polvo de la atmósfera y disuelven en su interior diversos gases entre los que se encuentran el oxígeno y el anhídrido carbónico, además de retener bacterias que se encuentran en el aire. Al llegar a la superficie del suelo y correr por ella recoge otros microorganismos, materias inorgánicas, partículas finas, productos de la descomposición de materia orgánica, etc. Parte de ese agua se infiltrará en el terreno eliminando los fangos y las bacterias.

Los procesos de solubilización pueden provocar la disolución de gases², líquidos y sales³ o bien se puede producir un ataque químico por hidratación⁴, hidrólisis⁵, oxidación-reducción⁶, fenómenos biológicos o modificación del pH.

2.3.1.1. Parámetros químicos.

2.3.1.1.1. Inorgánicos.

2.3.1.1.1.1. Iones principales. Entre los iones principales tenemos que destacar los siguientes:

---

¹La calidad de las aguas viene definida por una lista de parámetros a cumplir. Éstos vienen definidos en las diversas legislaciones, aunque suelen contener patrones comunes.

²Los gases más importantes que están en contacto con el agua son: CO₂, O₂, N₂, H₂, Ar, He, NH₃ y CH₄

³Las sales solubles más comunes son: calizas (CaCO₃), dolomías (CaCO₃ y MgCO₃), yeso (CaSO₄·2H₂O), anhidrita (CaSO₄), clorurosódico (NaCl), cloruro potásico (KCl) y oligoelementos).

⁴La hidratación es la fase inicial del ataque a las rocas. Los hidratos más comunes son: yeso (CaSO₄·2H₂O), sulfato cúprico (CuSO₄·5H₂O) y carbonato sódico (Na₂CO₃·10H₂O).

⁵Se denomina así a la descomposición de ciertas sales por iones de agua.

⁶Procesos en los que se realiza la combinación de una sustancia con el oxígeno.

- Cationes: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+), Potasio (K^+).
- Aniones: bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), cloruro (Cl^-), nitrato (NO_3^-).

2.3.1.1.1.2. Iones secundarios. Entre los iones secundarios tenemos que destacar los siguientes:

- Cationes: aluminio (Al^{3+}), amonio (NH_4^+), arsénico (As^+), bario (Ba^{2+}), cobre (Cu^{2+}), hierro (Fe^{2+} y Fe^{3+}), manganeso (Mn^{2+}).
- Aniones: bicarbonato (HCO_3^-), borato (BO_3^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}), cloruro (Cl^-), nitrato (NO_3^-).

Se considera importante destacar los efectos que tienen sobre la salud los metales pesados. Los principales son: arsénico⁷, plomo⁸, mercurio⁹, cadmio¹⁰ y manganeso¹¹.

2.3.1.1.1.3. Radionucleidos. Entre ellos se pueden destacar: Ru^{106} , Rh^{106} , Y^{91} , Zr^{95} , Nb^{95} , P^{32} , I^{131} , $\text{Ce}^{141,144}$, Pr^{144} , $\text{Ba}^{140,137}$, Co^{60} , Cs^{137} , Sr^{89} , Sb^{124} , Zn^{65} , W^{185} .

2.3.1.1.2. Orgánicos. Pueden ser clasificados por varios campos:

Por su composición, las sustancias orgánicas en el agua se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Hidrocarburos. Compuestos que sólo tienen carbono e hidrógeno.
- Compuestos halogenados. Vienen definidos por el halógeno como átomo principal.
- Ácidos carboxílicos y ésteres. Construidos alrededor del grupo carboxílico y otros con dos grupos funcionales fijados a un átomo de oxígeno.
- Otros.

Por su génesis, las sustancias orgánicas en el agua se pueden clasificar en los siguientes grupos:

---

⁷El arsénico afecta a la piel y al sistema nervioso.

⁸El plomo provoca consecuencias sobre la síntesis hemática, aparición de cólicos saturninos y efectos neurológicos.

⁹El mercurio afecta principalmente al sistema nervioso.

¹⁰El cadmio se acumula en el sistema renal, lesionando el mismo.

¹¹El manganeso provoca problemas en el sistema nervioso.

- En estado natural.
  - Proteínas.
  - Lípidos.
  - Hidratos de carbono.
  - Pigmentos vegetales.
- Sintetizadas.
  - Pesticidas y productos agroquímicos.
  - Agentes tensoactivos.
  - Hidrocarburos halogenados.

2.3.1.2. Parámetros biológicos.

De los cinco reinos¹² en los que se clasifican los seres vivos –moneras, prototistas, hongos, plantas y animales (32)– los principales implicados en la contaminación del agua son los siguientes:

- Virus¹³.
- Moneras¹⁴.
  - Algas azules¹⁵.
  - Bacterias¹⁶.

---

¹²Por encima de los cinco reinos se podría crear un taxón denominado Dominio. Así, se agruparían en Bacteria, Archaea y Eukarya.

¹³Organismo de estructura muy sencilla, compuesto de proteínas y ácidos nucleicos, y capaz de reproducirse sólo en el seno de células vivas específicas, utilizando su metabolismo (72). Las principales enfermedades que generan los virus son: parálisis, meningitis, fiebre, diarrea, enfermedades respiratorias, vómitos, hepatitis, poliomielitis y gastroenteritis, entre otras. Su carácter parásito induce a pensar que son organismos regresivos.

¹⁴Se dice de los seres vivos unicelulares de organización procarionte –dicho de un organismo cuyo ácido desoxirribonucleico no está confinado en el interior de un núcleo, sino extendido en el citoplasma– (72). Las características más representativas es que carecen de núcleo, tienen pared celular y su ADN es circular. Además, puede tener una vaina mucilaginosa rodeando a la bacteria. Su tamaño va desde 1 a 15 μm .

¹⁵Poseen clorofila para realizar la fotosíntesis liberando oxígeno en el proceso. Se reproduce asexualmente y se mueve por reptación sobre sólido o líquido. Su tamaño celular va desde 5 a 50 μm .

¹⁶Microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas (72). Su tamaño va desde 1 a 10 μm . Las principales enfermedades que generan las bacterias son: cólera, tifus, gastroenteritis, disentería, botulismo, leptospirosis, tuberculosis, artritis, legionella y infecciones urinarias, entre otras.

- Protistas¹⁷.
  - Protozoos¹⁸.
    - Flagelados¹⁹.
    - Esporozoos²⁰.
    - Rizópodos²¹.
    - Ciliados²².
  - Algas eucariotas²³.
- Hongos²⁴.
- Metazoos²⁵.
  - Helmintos²⁶.
    - Platelmintos²⁷.

---

¹⁷Se dice de los seres vivos unicelulares o pluricelulares de organización eucarionte, es decir, aquellas células con núcleo diferenciado, envuelto por una membrana y con citoplasma organizado, y de los organismos constituidos por ellas (72). Sus células no forman tejidos, por lo que no están especializadas pudiendo realizar cualquier función.

¹⁸Se dice de los organismos, casi siempre microscópicos, cuyo cuerpo está formado por una sola célula o por una colonia de células iguales entre sí (72). Las principales enfermedades que generan los protozoos son: balantidiasis, criptosporidiosis, amebiasis y giardiasis, entre otras.

¹⁹En ciertas células, orgánulo filiforme semejante a un cilio, pero más largo y capaz de diferentes movimientos (72).

²⁰Capaces de producir esporas. El plasmodium falciparum provoca el paludismo (malaria).

²¹Se dice del protozoo cuyo cuerpo es capaz de emitir pseudópodos que le sirven para moverse y para apoderarse de las partículas orgánicas de que se alimenta(72).

²²Dicho de una célula o de un microorganismo que tiene cilios –orgánulo celular filiforme, de función locomotora en un medio líquido– (72).

²³Cada una de las plantas talofitas, unicelulares o pluricelulares, que viven de preferencia en el agua, tanto dulce como marina, y que, en general, están provistas de clorofila acompañada a veces de otros pigmentos de colores variados que la enmascaran. El talo de las pluricelulares tiene forma de filamento, de cinta o de lámina y puede ser ramificado (72).

²⁴Planta talofita, sin clorofila, de tamaño muy variado y reproducción preferentemente asexual, por esporas. Es parásita o vive sobre materias orgánicas en descomposición. Su talo, ordinariamente filamentosos y ramificado y conocido con el nombre de micelio, absorbe los principios orgánicos nutritivos que existen en el medio; v. g., el cornezuelo, la roya, el agárico, etc. (72).

²⁵Se dice de los animales cuyo cuerpo está constituido por muchísimas células diferenciadas y agrupadas en forma de tejidos, órganos y aparatos; v. g., los vertebrados, los moluscos y los gusanos (72).

²⁶Gusano, en especial el que es parásito del hombre y de los animales (72). Las principales enfermedades que generan los helmintos son: ascariasis, enterobiasis, fasciolosis, himenolepiasis, teniasis, trichuriasis, esquistomiasis y dracontiasis, entre otras.

²⁷Se dice de los gusanos, parásitos en su mayoría y casi todos hermafroditas, de cuerpo comúnmente aplanado, sin aparato circulatorio ni respiratorio. El aparato digestivo falta en muchas especies parásitas, como en la tenia, y cuando lo tiene carece de ano, como en la duela (72).

- Nematodos²⁸.
- Trematodos²⁹.
- Cestodos³⁰.

2.3.1.3. Parámetros físicos.

Los parámetros físicos no producen enfermedades sino que son indicadores de la calidad del agua y, por lo tanto, permiten predecir los posibles contaminantes. Los principales parámetros son:

- Color. El color del agua viene definido por las impurezas que contiene. Cabe distinguir entre color verdadero y aparente. El primero es aquel producido por las sustancias en disolución y coloidales y el segundo es el producido por estas sustancias más las que tiene en suspensión. Se mide en mg/L de platino (Pt).
- Turbidez. La turbidez provoca la difusión de la luz en el agua. Está producida por las sustancias coloidales. Se mide en mg/L de SiO₂ o en Nefelometric Turbidity Units (NTU).
- Olor. El olor viene provocado por sustancias orgánicas e inorgánicas olorosas.
- Sabor. Al igual que el olor, el sabor viene provocado por sustancias orgánicas e inorgánicas olorosas y se considera restrictivo casi de forma exclusiva a las aguas potables.
- Temperatura. Uno de los principales parámetros a los que afecta la temperatura es la presencia de oxígeno³¹ en ella.
- Sólidos. El contenido de sólidos del agua, definidos por su cantidad, tamaño y tipo, determinará de forma significativa su calidad.
- pH. El pH indica la concentración de iones hidronio (H₃O⁺) en una disolución. Viene determinando por la fórmula $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. El rango de valores está entre 0 y 14, teniendo carácter ácido a menores valores y básico, o alcalino, a mayores. El punto neutro se considera a valor 7.

---

²⁸Se dice de los gusanos nematelmintos que tienen aparato digestivo, el cual consiste en un tubo recto que se extiende a lo largo del cuerpo, entre la boca y el ano (72).

²⁹Invertebrado platelminto parásito que tiene el cuerpo no segmentado, tubo digestivo ramificado y sin ano, dos o más ventosas y a veces también ganchos que le sirven para fijarse al cuerpo de su huésped; v. g., la duela (72).

³⁰Se dice de los gusanos platelmintos de cuerpo largo y aplanado, semejante a una cinta y dividido en segmentos, que carecen de aparato digestivo. Viven en cavidades del cuerpo de otros animales, a cuyas paredes se fijan mediante ventosas o ganchos, y se alimentan absorbiendo por su piel líquidos nutritivos del cuerpo de su huésped; v. g., la solitaria (72).

³¹A mayor temperatura, menor cantidad de oxígeno.

- Dureza. La dureza viene expresada por la suma de las concentraciones los cationes metálicos divalentes Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se mide en $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ o meq/L .
- Conductividad. La conductividad proporciona la facilidad de transporte de la corriente eléctrica entre dos electrodos sumergidos en agua. Ésta aumenta con la presencia de sales disueltas, variando en función de la temperatura.
- Determinación del contenido orgánico del agua.
  - Demanda bioquímica de oxígeno. Se denomina DBO_5 a la cantidad de oxígeno disuelto que es consumido por los microorganismos de una muestra de agua en 5 días a 20°C .
  - Demanda química de oxígeno. Se denomina DQO a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar las sustancias orgánicas de una muestra de agua.
  - Carbono orgánico total. Se denomina COT a la cantidad total de carbono inorgánico medido en mg/L de CO_2 .

2.3.2. Contaminantes Manipulables.

Los contaminantes manipulables son todos aquellos que han sido añadidos al agua bien sea de forma malintencionada (ataques terroristas, sabotajes, etc.) o como consecuencia de una catástrofe ambiental (vertidos contaminates, etc.).

2.3.3. Clasificación de los contaminantes según su tamaño.

Los tamaños de los componentes del agua son los siguientes:

Partículas según su tamaño	Tamaño mínimo	Tamaño máximo
Sólidos disueltos		10^{-3}
Partículas coloidales	10^{-6}	10^{-3}
Partículas en suspensión retenidos en filtro	10^{-3}	
Virus	10^{-5}	2×10^{-3}
Bacterias	2×10^{-3}	6×10^{-2}
Algas	10^{-3}	2×10^{-2}
Sólidos sedimentables	10^{-2}	

Cuadro 2.1: Clasificación de las partículas según su tamaño

2.4. Tratamiento del agua.

Para la elaboración de la presente sección me he basado en las siguientes publicaciones de la bibliografía: (5, 42, 60, 76, 91)

Como se puede apreciar a la simple inspección del cuadro del apartado 2.3.3, las partículas se pueden clasificar según su tamaño en disueltas (tamaño inferior a $10^{-3} \mu\text{m}$), coloidales (tamaño comprendido entre 10^{-3} y $1 \mu\text{m}$), y en suspensión (tamaño superior a $1 \mu\text{m}$). Las partículas en suspensión con tamaño superior a $10 \mu\text{m}$ se pueden separar del agua por decantación, dependiendo del peso específico y del tamaño, o por flotación, previa adhesión de dichas partículas a burbujas de aire. Por el contrario, en las partículas coloidales la fuerza electrostática³² impide que actúe la de gravedad y las sedimente. Finalmente, para eliminar las partículas disueltas hay que utilizar tratamientos diferentes a éste.

A modo de resumen, los principales tratamientos del agua usados en la actualidad son reflejados en la imagen denominada *Principales tratamientos del agua* de la página 45.

2.4.1. Pretratamientos.

Los pretratamientos son procesos físicos o mecánicos que se realizan con la finalidad de separar del agua la mayor cantidad de materias que afectarían a procesos posteriores.

Los principales pretratamientos en el tratamiento del agua son:

- Desbaste. Con el objeto de eliminar mediante una rejilla los objetos más grandes.
- Desarenado. Se utiliza para eliminar las partículas mayores de $200 \mu\text{m}$ por proceso de sedimentación al fluir con velocidad inferior a la de sedimentación.
- Predecantación³³. Su finalidad es eliminar la mayor cantidad posible de arena y lodos de las aguas superficiales muy cargadas.
- Desengrase. Debido a la menor densidad de los aceites y las grasas con respecto al agua, éstas tienen a ascender a la superficie. Si el agua se recoge en un depósito en el que se reduce la velocidad del agua, dará tiempo a que los aceites y grasas asciendan y se puedan retirar con facilidad.

---

³²Las partículas coloidales, normalmente, tienen carga negativa.

³³Ver apartado 2.4.3 para profundizar en el concepto de decantación.

Figura 2.1: Principales tratamientos del agua.

- Tamizado. Se trata de una filtración sobre soporte delgado. Dependiendo del tamaño del poro de la malla o chapa metálica se denomina macrotamizado o microtamizado.

2.4.2. Tratamientos fisicoquímicos (coagulación y floculación).

En este proceso se desestabilizan las partículas coloides (coagulación) para, una vez neutralizadas³⁴, formar partículas de tamaño superior (floculación) que sean fácilmente eliminables por otro tratamiento físico.

2.4.3. Decantación.

La decantación es el proceso por el que las partículas granulares y las partículas floculadas sedimentan por acción de la fuerza de gravedad.

Los distintos ingenios para llevar a cabo este proceso, denominados decantadores, se pueden agrupar en los siguientes tipos ³⁵:

- Decantador de flujo horizontal rectangular.
- Decantador de flujo horizontal radial.
- Decantador de flujo ascensional.
- Decantador cilíndrico-cónico.
- Decantador lamelar.
- Otros.

2.4.4. Flotación.

La flotación es el proceso por el que los sólidos ligeros, adheridos a burbujas de aire, ascienden hasta la superficie en donde son retirados.

Se utiliza principalmente para la eliminación de materiales menos densos que el agua, v. g. los aceites. Los principales sistemas por flotación son los siguientes:

- Tanques circulares.
- Tanques rectangulares.
- Flotación a contracorriente.
- Flotación y filtración combinadas.

---

³⁴Momento en el que se han anulado sus fuerzas repulsivas.

³⁵La principal diferencia entre ellos es la disposición geométrica de sus elementos.

2.4.5. Barrido de aire.

Se denomina así al proceso³⁶ que utiliza la teoría de transferencia gaseosa de los productos químicos entre aire y agua desde su posición de equilibrio.

Los sistemas más utilizados son los siguientes:

- Difusión de aire o de burbuja. Este proceso se realiza insuflando aire a contracorriente en un depósito de agua de tal forma que se favorece el intercambio entre burbuja y agua.
- Aireación superficial. Este proceso se realiza mediante la alteración de la superficie del agua por la producción de salpicaduras mediante el rascado con cepillos, brochas o turbinas. La pulverización del agua en salpicaduras favorece la interacción aire-agua.
- Lavado por pulverización³⁷. Este proceso consta de una serie de toberas fijas colocadas sobre una red de tuberías que, mediante presión, dispersan finas gotas de agua en el aire circundante favoreciendo el intercambio gaseoso.
- Sistemas de torre compacta. Este proceso se realiza mediante el rociado del effluente sobre una capa de relleno que permite aumentar la superficie de contacto entre aire y agua, todo ello confinado en una torre compacta que posee, además de la entrada del effluente, de una salida de gases por la parte superior y una salida del agua tratada por la parte inferior.

2.4.6. Filtración.

La filtración es el proceso por el que los sólidos de un líquido son retenidos por el paso a través de un lecho filtrante.

Los principales sistemas de filtración son los siguientes:

2.4.6.1. Filtros por lecho granular.

Constituido por capas de árido³⁸ de granulometría variable. Como norma general, la capa inferior de mayor grosor.

Los distintos tipos de filtración por lecho granular se pueden clasificar en:

- Filtros lentos de arena.

---

³⁶También denominado aireación o "stripping".

³⁷También denominados aireadores por rociado (spray).

³⁸Normalmente de arena.

- Filtros rápidos en lecho granular.
- Filtros de lecho granular a presión.
- Filtrado de precapa.

2.4.6.2. Filtro de doble capa.

Filtro realizado con dos medios distintos que pretende aprovechar las ventajas de ambos.

2.4.6.3. Filtros de tierras diatomeas.

La principal ventaja de las tierras diatomeas es que pueden efectuar una filtración con un tamaño de poro de hasta 2 μm .

2.4.6.4. Filtros ciclónicos.

Este sistema realiza la separación de sólidos por centrifugación, utilizándose para partículas de tamaño entre 1 y 10 mm.

2.4.6.5. Filtración de cartuchos.

Este sistema permite la retención de sólidos de tamaño entre 0,2 y 100 μm . Este sistema se aconseja sólo con aguas de calidad como sistema de seguridad para tratamientos posteriores, v. g. membranas de ósmosis inversa.

2.4.6.6. Filtración con membranas.

2.4.6.6.1. Electrodialisis. La electrodialisis es el proceso por el cual se eliminan los cationes y aniones contenidos en el agua mediante la creación de un potencial eléctrico en la misma, de tal forma que los iones acuden a sus electrodos respectivos a través de membranas de intercambio iónico.

2.4.6.6.2. Ósmosis inversa. La ósmosis inversa es el proceso inverso al proceso de ósmosis directa³⁹ por el cual un effluente, al que se le ha aplicado una presión determinada, se divide en dos flujos, permeado y rechazado, en virtud de su posibilidad de paso a través de una membrana semipermeable. Se utiliza principalmente para la eliminación de especies monovalentes (Na^+ , Cl^-).

---

³⁹Proceso por el cual en dos medios acuosos de distinta concentración salina separados por una membrana semipermeable se produce el paso de agua pura del más concentrado al de menos.

2.4.6.6.3. Nanofiltración. La nanofiltración tiene un tamaño de poro de $0,001\ \mu\text{m}$. Se utiliza principalmente para la eliminación de materia orgánica disuelta y especies divalentes (Ca^{++} , Mg^{++}).

2.4.6.6.4. Ultrafiltración. La ultrafiltración tiene un tamaño de poro de $0,01\ \mu\text{m}$. Se utiliza principalmente para la eliminación de sustancias coloidales y de virus.

2.4.6.6.5. Microfiltración. La microfiltración tiene un tamaño de poro de $0,1\ \mu\text{m}$. Se utiliza principalmente para la eliminación de sustancias sedimentables, algas, protozoos y bacterias.

2.4.7. Adsorción

La sorción define la concentración o el movimiento de los contaminantes de una fase a otra. La absorción consiste en la distribución de un contaminante de una fase a otra, como la disolución (absorción) del oxígeno gaseoso en el agua y la absorción del pesticida DDT en el solvente orgánico hexano. La adsorción es el proceso en el cual los iones y moléculas presentes en una fase tienden a condensarse y concentrarse sobre la superficie de otra fase.

Los tipos de adsorción son los siguientes:

- Física: relativamente inespecífica y se debe a fuerzas de atracción entre las moléculas, o fuerzas de Van der Waals. En este caso, la molécula adsorbida no se fija a un sitio particular de la superficie sólida, sino que se mueve libremente sobre ésta.
- Química: resultado de fuerzas mucho más intensas, comparables con las que llevan a la formación de compuestos químicos. Normalmente el material adsorbido forma una capa sobre la superficie que tiene sólo el espesor de una molécula, y las moléculas no son libres para moverse de un sitio a otro de la superficie.
- Por intercambio: se caracteriza por la atracción eléctrica entre el adsorbato y la superficie. Los iones se concentran sobre una superficie como resultado de la atracción electrostática hacia sitios de carga opuesta.

Los principales adsorbentes son:

- Carbón activo.
- Resinas de intercambio iónico.

- Resinas adsorbentes.
- Óxidos metálicos.
- Hidróxidos.
- Carbonatos.

2.4.7.1. Intercambio iónico.

El intercambio iónico es el proceso por el cual un elemento, denominado intercambiador iónico, permuta un ión contaminante del agua por otro presaturado sobre la fase sólida, denominado absorbente.

Los principales materiales y reacciones de intercambio iónico son las siguientes:

- Intercambiadores catiónicos de ácido fuerte y débil.
- Intercambios iónicos de base fuerte y débil.
- Adsorción con alúmina activa.
- Resinas especiales.

Las principales aplicaciones de este sistema son las siguientes:

- Descalcificación.⁴⁰
- Descarbonatación.⁴¹
  - Mediante adición de lechada de cal, sulfato de alúmina y/o floculante con posterior filtración.
  - Por intercambio iónico con resina catiónica débil.
  - Por intercambio iónico con resina aniónica fuerte.
- Desmineralización.⁴²
- Desnitrificación.⁴³

---

⁴⁰Utilizado para la retención de cationes divalentes, principalmente Ca^{++} y Mg^{++} , mediante el uso de resinas catiónicas.

⁴¹Eliminación de bicarbonatos y sulfatos.

⁴²Eliminación de una serie de aniones y cationes hasta alcanzar la calidad necesaria.

⁴³Eliminación de nitratos con resinas aniónicas fuertemente básicas.

2.4.8. Corrección de pH (Neutralización).

Mediante la modificación del pH se pretende neutralizar las disoluciones de sales neutras⁴⁴ que en realidad presentan una cierta acidez o alcalinidad.

2.4.9. Desinfección.

La desinfección es el proceso diseñado de forma deliberada para la destrucción o inactivación de microorganismos patógenos que producen enfermedades. Aunque gran parte de éstos son eliminados durante la mayoría de los procesos anteriores, no es su objetivo principal y es necesario asegurar una protección sanitaria adecuada al final del tratamiento.

2.4.9.1. Métodos térmicos.

Este proceso es uno de los métodos más antiguos y eficaces para la desinfección del agua. Se realiza sometiendo el agua a una temperatura superior a 100°C.

Caso contrario es la congelación y enfriamiento del agua, ya que permite la preservación de las mismas.

2.4.9.2. Oxidación química.

Aunque los oxidantes químicos se utilizan normalmente para la oxidación de especies inorgánicas reducidas, su efecto biocida permite controlar el crecimiento acuático perjudicial.

2.4.9.2.1. Cloración. El cloro es el oxidante más utilizado para el tratamiento del agua. Las formas en las que se puede adicionar el cloro son las siguientes:

- En forma gaseosa (Cl_2).
- Como solución acuosa concentrada de hipoclorito sódico (NaOCl).
- Como sólido hipoclorito cálcico ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$).
- Como dióxido de cloro (ClO_2).

---

⁴⁴Se denominan sales neutras a aquellas sin hidrógeno y grupos hidroxilos ionizables.

2.4.9.2.2. Fluoración. La fluoración es el ajuste de la concentración de fluoruro en el agua. Muestra como ventaja el alto rendimiento en la lucha contra la caries, aunque existen no menos detractores de su uso.

2.4.9.2.3. Ozono. El ozono (O_3) es un gas inestable presenta unas características desde el punto de vista termodinámico y cinético que lo convierten en un bactericida más eficaz que el cloro. Además, muestra una menor dependencia del pH que este último, aunque se deba generar in situ.

2.4.9.2.4. Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) presenta unas características desinfectantes superiores al cloro, pero no al ozono⁴⁵.

2.4.9.2.5. Permanganto potásico. Aunque el permanganato potásico ($KMnO_4$) se utiliza normalmente para el control del sabor y olor y para eliminar los compuestos orgánicos como Fe y Mn divalentes y el ácido sulfhídrico (SH_2), es un agente oxidante fuerte que reacciona extensivamente con la materia orgánica.

2.4.9.3. Rayos ultravioleta.

Se entiende por desinfección mediante rayos ultravioleta la destrucción de los componentes orgánicos por aplicación de radiación ultravioleta en longitudes de onda de valores entre 2500 y 2650 Å.⁴⁶

2.4.9.4. Rayos X.

Se entiende por desinfección mediante rayos gamma la destrucción de los componentes orgánicos por aplicación de radiación electromagnética en longitudes de onda inferiores a 100 Å o frecuencias superiores a 30×10^{15} Hz.

2.4.9.5. Rayos gamma.

Se entiende por desinfección mediante rayos gamma la destrucción de los componentes orgánicos por aplicación de radiación electromagnética en longitudes de onda de valores inferiores a 0,1 Å o frecuencias superiores a 30×10^{18} Hz.

---

⁴⁵Excepto a niveles de pH elevados.

⁴⁶1 Å = 10^{-10} m.

2.4.9.6. Metales pesados.

Los metales pesados⁴⁷ participan en la coagulación de las proteínas.

2.4.9.7. Ácidos y bases inorgánicos.

Se basa en la toxicidad provocada por la fuerza iónica y presión osmótica de los ácidos y bases inorgánicos cuando se alcanzan unos valores de pH entre 1 y 3.

2.4.9.8. Agentes tensoactivos.

Este procedimiento aplica las propiedades bactericidas de los agentes tensoactivos catiónicos, principalmente el amonio cuaternario, a las paredes cargadas negativamente de las bacterias.

2.4.10. Tratamientos electromagnéticos.

Estos tratamientos están basados en el cambio del sistema de cristalización de las sales cálcicas y magnésicas al atravesar un campo eléctrico o magnético.⁴⁸

2.4.11. Precipitación química.

La precipitación química se produce cuando una reacción química ha llegado al equilibrio de solubilidad. En este momento se forma un precipitado en forma de cristal que se elimina por decantación. Dentro de la precipitación química se pueden incluir, entre otros, la coagulación con alúmina, sulfato férrico, sulfato ferroso o el ablandamiento con sosa-cal.

2.4.12. Derivados de otro tipo de tratamientos.

Se puede producir la eliminación de diversos contaminantes como consecuencia de otros procesos entre los que se pueden citar:

- Control de la corrosión.

---

⁴⁷Los principales metales pesados son la plata, el cobre, el mercurio, el cobalto y el níquel.

⁴⁸Es un sistema que se puede adicionar fácilmente a cualquier planta existente. Este sistema ha sido ampliamente estudiado en la tesis doctoral "Investigación sobre procesos avanzados de tratamiento y depuración de las aguas mediante electrocoagulación" de D. Pablo Hernández Lehmann (41).

- Protección catódica.
- Tratamiento electrolítico.

2.4.13. Tratamiento no convencional.

Se denomina así a aquellos tratamientos que se aplican de forma excepcional para resolver la problemática de aguas con características especiales.

Entre estos tratamientos se encuentran los siguientes:

- Coagulación con fosfatos.
- Polvos metálicos.
- Tratamiento con arcilla.

2.5. Escalonamiento de los procesos.

Una vez analizada la amenaza y los distintos procedimientos establecidos para el tratamiento del agua, se puede observar en el cuadro interno de trabajo de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria de esta Escuela, denominado *Escalonamiento de los procesos* de la página 55, que existen una serie de ellos que se consideran necesarios, en primera instancia, para poder eliminar dicha amenaza. La complementariedad de dichos procesos necesarios colocados de forma escalonada definirán el sistema buscado.

2.6. Conclusiones generalidades

De todo lo anterior, se puede extraer la conclusión de que los procesos son múltiples y cada uno de ellos afecta a distintos parámetros que pueden tener influencia sobre la salud humana. Por ello, conviene recordar aquí que el objetivo final de la tesis es buscar un proceso escalonado que asegure la salud humana. Es decir, buscar un proceso que garantice ésta frente a todos los parámetros físicos, químicos y biológicos que le puedan afectar.

Calidad del agua	Características	Tratamiento previo		Tratamiento principal		Tratamiento especial				
		Microtamizado	Decantación primaria Predecantación, cloración, ozono	Aireación	Ablandamiento Coagulación-sedimentación Filtración rápida Filtración lenta	Desinfección	Cloro, cloraminas, ozono, rayos U.V. Carbon activo Trat, químicos espec.			
N.M.P. de coliformes por 100 mL Media mensual	0-20									
	20-100		O							
	100-5,000									
	>5,000			O,V						
	>300									
Plancton ud/mL Turbiedad (ud, turbidez)	0-50	O	N	N	N	N	N	N	N	O
	50-250	O			N	N	N	N	N	
	250-500	O								
	100-2,500	O		O	N					
Color en Pt Unidades colorimétricas	20-70		O		O	O	O	O	O	O
	>70		O		N					
Olores y sabores	Perceptibles		O	O						N

Cuadro 2.2: Escalonamiento de los procesos. Cuadro I

Calidad del agua	Tratamiento previo		Tratamiento principal		Tratamiento especial		
	Microtamizado	Decantación primaria Predecantación, cloración, ozono	Aireación	Ablandamiento	Coagulación-sedimentación	Filtración rápida Filtración lenta Desinfección	Cloro, cloraminas, ozono, rayos U.V. Carbon activo Trat, químicos espec. Desalinización
Características	Concentración						
Dureza carbonatada							
En CO ₃ Ca		O		N	N	N	N
Hierro y manganeso			O		N	E	O
mg/L (en iones Fe y Mn)					N	N, E	N
		N	N		N	E, O	O
Cloruros rr>g/L (en ion Cl)							

Cuadro 2.3: Escalonamiento de los procesos. Cuadro II

Capítulo 3

Objetivos iniciales

3.1. Introducción

Los objetivos que originaron el interés por elaborar esta tesis doctoral, y que así fueron reflejados en la solicitud de su título, son los siguientes:

- Investigar sobre rendimientos de plantas convencionales en eliminación de microorganismos y productos tóxicos y peligrosos.
- Introducir mejoras que garanticen el rendimiento de las plantas convencionales.
- Investigar sobre la conveniencia de complementar las instalaciones existentes buscando seguridad y garantía sanitaria.

Sin embargo, todos ellos se pueden concretar en que los objetivos de la tesis van encaminados a proteger la salud de los consumidores de agua en caso de emergencias (desastres naturales, actos terroristas, sabotajes, etc.) y buscar soluciones adecuadas para garantizar en este caso la salud.

Cada uno de los objetivos diferenciados se plantean en las preguntas de los grupos 1) a 3) del siguiente punto y que constituyen los objetivos iniciales a analizar en la investigación bibliográfica para definir los que presentan novedad y justifican la redacción de esta tesis.

3.2. Preguntas a responder

Tras haber analizado las diversas publicaciones técnicas, resumidas en el capítulo generalidades, existen una serie de preguntas que parecen quedar sin respuesta

y que constituyen buena parte de los objetivos de esta tesis doctoral.

Dichas preguntas se pueden agrupar de la siguiente manera formando parte de los objetivos a alcanzar durante la investigación bibliográfica. Éstas son las siguientes:

1. ¿Se conocen todos los contaminantes que pueden afectar al hombre y al medio ambiente?
  - a) ¿Cuál puede ser la procedencia del agua destinada para el consumo humano?
  - b) ¿Cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua destinada para el consumo humano?
  - c) ¿Cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada?
  - d) ¿Cuáles son los límites de los parámetros para el agua destinada para el consumo humano en caso de emergencia?
  - e) ¿Cuáles son las fuentes de contaminación sobre los cauces receptores?
2. ¿Se conoce la influencia de los contaminantes sobre la salud humana?
3. ¿Cuáles son los tratamientos que reducen esos contaminantes?
  - a) ¿Cuáles son los procesos de tratamiento tipo que permiten la transformación de las aguas superficiales en agua para la alimentación según la legislación?
  - b) ¿Cuáles son los tipos de tratamientos existentes en la actualidad?
  - c) ¿Sobre qué parámetros tienen influencia?
  - d) ¿Qué rendimientos se pueden esperar de dichos tratamientos?
  - e) ¿Qué tratamientos se pueden considerar necesarios?
  - f) ¿Qué equipos existen en la actualidad para el tratamiento de aguas en situaciones de emergencias y qué rendimiento se espera de ellos?

3.3. Bases de la investigación

Esta tesis doctoral se apoya sobre tres pilares:

- La tolerancia del cuerpo humano para admitir ciertos contaminantes. Esta tolerancia está reflejada en la legislación y en instituciones sanitarias de referencia como puede ser la Organización Mundial de la Salud.

- Los diversos tratamientos de aguas, realizados de forma individual o escalonada, y los rendimientos obtenidos en la eliminación de dichos contaminantes.
- Las limitaciones tecnológicas que implica desarrollar plantas de tratamiento de aguas que puedan ser desplegadas con la celeridad adecuada para minimizar los daños de las emergencias.

Sin embargo, la documentación sobre el tema presenta vacíos de conocimiento, contradicciones entre resultados de investigaciones o insostenibilidad de conclusiones de las mismas. Estas carencias nos permiten determinar los aspectos a tratar durante la investigación.

Capítulo 4

Investigación bibliográfica

En el apartado anterior, correspondiente al planteamiento de los objetivos iniciales, se han enumerado todas aquellas dudas relacionadas con el “tratamiento de aguas en emergencias”. El siguiente paso es investigar en las diversas fuentes para resolver estas incógnitas.

Para la búsqueda de la investigación bibliográfica, se han considerado y consultado en bibliotecas, bases de datos de referencias bibliográficas, buscadores de internet y páginas oficiales de empresas y editoriales relacionadas con el sector de la ingeniería sanitaria.

Las bibliotecas consultadas han sido:

- de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales, y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.
- de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía de la Universidad Politécnica de Madrid.
- de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.
- de la Facultad de Química de la Universidad Complutense de Madrid.
- del Ministerio de Medio Ambiente (Madrid).
- de la Escuela Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza.
- de la Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Godina (Zaragoza).
- del Centro de Documentación del Agua y el Medio Ambiente (Zaragoza).

En estas bibliotecas se han encontrado revistas especializadas, tesis doctorales en formato papel y libros científicos relacionados con el tema.

4.1. Acceso a a bases de datos de referencias bibliográficas

4.1.1. Preparación de las palabras clave para la búsqueda informática

Las palabras claves, con las que se ha realizado la búsqueda, son las siguientes:

Castellano:

Tratamiento del agua, agua potable, emergencia, desastre, militar, corto plazo.

English:

water treatment, drinking water, emergency, disaster, military, short-term.

4.1.2. Acceso a los bancos de datos

Finalmente he accedido al banco de datos de los Recursos de Información de la Biblioteca Universitaria de la Universidad Politécnica de Madrid mediante acceso remoto con las claves particulares de acceso a la intranet de dicha Universidad. He realizado la búsqueda bibliográfica con las palabras claves anteriormente citadas en los siguientes bancos de datos:

- Ei Compendex
- ScienceDirect
- Scopus
- JSTOR

Además, se ha consultado el motor de búsqueda Google Académico.

4.1.2.1. Descripción de la información recibida

- Ei Compendex 1969-2014
  - water treatment and drinking water and military (43 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency (262 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency and military (7 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency and military and disaster (0 artículos).
  - water treatment and drinking water and military and disaster (4 artículos).
- ScienceDirect 1823-2014
  - water treatment and drinking water and emergency and military (1.563 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency and military and disaster (535 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency and short-term and military and disaster (505 artículos).
  - water treatment and drinking water and short-term (53.116 artículos).
  - water treatment and drinking water and short-term and military and disaster (790 artículos).
  - water treatment and drinking water (920 artículos).
- Scopus 1960-2014
  - water treatment and drinking water and military (67 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency (254 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency and military (9 artículos).
  - water treatment and drinking water and emergency and military and disaster (1 artículos).
  - water treatment and drinking water and military and terrorist (5 artículos).
  - water treatment and drinking water and short-term (234 artículos).
  - water treatment and drinking water and military and disaster (7 artículos).

■ JSTOR 1545-2014

- water treatment and drinking water (168 artículos).
- water treatment and drinking water and military (39 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency (44 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency and military (18 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency and military and disaster (2 artículos).
- water treatment and drinking water and military and terrorist (15 artículos).
- water treatment and drinking water and short-term (93 artículos).
- water treatment and drinking water and military and disaster (6 artículos).
- water treatment and drinking water and military and disaster and osmosis (0 artículos).

■ Google Académico

- water treatment and drinking water and military en formato de documento portátil (pdf) (4.630 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency en formato de documento portátil (pdf) (7.840 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency and military en formato de documento portátil (pdf) (2.050 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency and military and disaster en formato de documento portátil (pdf) (1.080 artículos).
- water treatment and drinking water and military and terrorist en formato de documento portátil (pdf) (526 artículos).
- water treatment and drinking water and short-term en formato de documento portátil (pdf) (234 artículos).
- water treatment and drinking water and emergency and ozone en formato de documento portátil (pdf) (7.650 artículos).
- water treatment and drinking water and military and disaster en formato de documento portátil (pdf) (1.580 artículos).
- water treatment and drinking water and military and disaster and osmosis en formato de documento portátil (pdf) (115 artículos).

4.1.3. Documentación seleccionada

Toda la bibliografía utilizada para el capítulo Generalidades y el capítulo Investigación Bibliográfica aparecen reflejados en el anexo bibliográfico de este documento.

4.2. Resumen de la investigación sobre la documentación recibida

Del análisis de la documentación anteriormente reseñada se puede extractar la siguiente información que da respuesta a los objetivos planteados.

4.2.1. Objetivo 1.-¿Se conocen todos los contaminantes que pueden afectar al hombre y al medio ambiente?

4.2.1.1. Objetivo 1.a.-¿Cuál puede ser la procedencia del agua destinada para el consumo humano?

4.2.1.1.1. Legislación Civil Nacional

4.2.1.1.1.1. Autor: España (28). La adhesión de España a la Comunidad Europea comportó la necesidad de incorporar explícitamente al Derecho español aquellas disposiciones comunitarias de obligado cumplimiento y entre ellas la Directiva 75/440/CEE relativa a esta modalidad de uso de las aguas superficiales (28).

Define las características básicas de calidad que deben respetarse en aquellos puntos en que las aguas superficiales de los ríos se derivan con la finalidad de ser destinadas a consumo humano, en función del grado de tratamiento a que deban someterse antes de su distribución.

Establece de forma explícita que las aguas superficiales que posean características físicas, químicas y microbiológicas inferiores a los valores límite obligatorios correspondientes al tratamiento más completo no podrán utilizarse para la producción de agua potable. Los valores límite de estos parámetros son los reflejados en el cuadro de la página 473.

4.2.1.1.1.2. Autor: Unión Europea (13). Esta Directiva¹, aunque fue derogada el 22 de diciembre de 2007 por la 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 L 327 de 22.12.2000], establece un punto de partida para definir los requisitos mínimos que debe cumplir la calidad de las aguas dulces continentales destinadas a la producción de agua potable de los Estados miembros. Para ello define:

- los parámetros que definen las características físicas, químicas y microbiológicas;
- los valores límite y los valores orientativos de dichos parámetros;
- la frecuencia mínima de muestreo y análisis;
- y los métodos no obligatorios de medidas de referencia comunes para determinar los valores paramétricos.

Clasifica la calidad de los cursos de agua, secciones de ríos, lagos o estanques en función de sus características, indicando las posibles aplicaciones. Establece tres calidades: A, B y S. Éstas vienen reflejadas en el cuadro de la página 475. De ellas, sólo la A –dividida en A1, A2, y A3– puede ser destinada a la producción de agua potable, para lo cuál determina los tratamientos necesarios para su transformación. Los parámetros y valores límites que definen la calidad A son los reflejados en el cuadro de la página 476.

4.2.1.1.2. Legislación Militar Nacional

4.2.1.1.2.1. Autor: Organización del Tratado del Atlántico Norte (NATO), Acuerdo de normalización 2136 (STANAG 2136) (64). El Acuerdo de normalización 2136 establece las siguientes directrices: las fuerzas desplegadas deben aprovechar al máximo los sistemas de abastecimiento de agua locales; cuando el nivel o la capacidad de los sistemas locales sea insuficiente y no se puedan mejorar rápidamente deberán buscar fuentes alternativas tanto superficiales como subterráneas; de todas las fuentes disponibles y evaluadas se utilizará la de mejor calidad; y la evaluación inicial de calidad servirá para cuantificar el riesgo de esa fuente de agua en el futuro.

Para evaluar la potabilidad del agua cruda se evaluarán los parámetros del Anexo B de la norma. Basándose en los resultados de este examen, se determinará

---

¹Su objetivo era reducir y prevenir la contaminación de las aguas continentales destinadas a ser utilizadas en la producción de agua potable

la necesidad de una purificación adicional. Como norma general, los tratamientos que sugiere son:

- para contaminación con parámetros químicos se utilizará ósmosis inversa;
- y para contaminación con parámetros microbiológicos se utilizará ultra-filtración y ósmosis inversa. Además, se tendrá en cuenta la turbidez.

Ante la falta de resultados de una analítica del agua de los parámetros reflejados en el Anexo B de la norma, se considerará ese agua bruta como contaminada y sólo tras un tratamiento de ósmosis inversa se podrá considerar la calidad como aceptable.

En situaciones que no impliquen emergencia se deberá verificar la calidad del agua en la red de distribución de forma periódica. La calidad del agua bruta determinará el tratamiento necesario y la frecuencia de las pruebas.

En emergencias, es posible que la fuente de agua bruta se pueda utilizar directamente. Aunque algunos sistemas de tratamiento de agua pueden mejorar la calidad, eso no garantiza la misma de acuerdo a la normativa civil.

4.2.1.2. Objetivo 1.b.-¿Cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua destinada para el consumo humano?

Desde el punto de vista legal hay que diferenciar entre normas² y recomendaciones³. Las primeras implican un carácter jurídico que las hace vinculantes y exigibles en cada uno de los Estados. Sin embargo, las segundas son valores orientativos hacia los que tender para no afectar a la salud pública. La Organización Mundial de la Salud marca unas recomendaciones que los Estados incorporan a su legislación como normas –como en el caso de España, Unión Europea o Estados Unidos– o recomendaciones –como Canadá o Australia–. Sin embargo, lo que realmente asegura la calidad del agua potable son las normas.

4.2.1.2.1. Legislación Civil Nacional

4.2.1.2.1.1. Autor: España (29). La normativa española se desarrolló a consecuencia de la publicación de la Directiva 98/83/CE(12), de 3 de noviembre de

---

²En inglés standards.

³En inglés guidelines.

1998. Ésta exigía “la incorporación de la misma al derecho interno español con la elaboración de un nuevo texto que recogiera las nuevas especificaciones de carácter científico y técnico y posibilitasen un marco legal más acorde, tanto con las necesidades actuales, como con los avances y progresos de los últimos años en lo que a las aguas de consumo humano se refiere, estableciendo las medidas sanitarias y de control necesarias para la protección de la salud de los consumidores, siendo éste el objeto principal de esta disposición” (29).

Define los parámetros y valores paramétricos que establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Estos valores se basan principalmente en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y en motivos de salud pública aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de la población. Dichos parámetros vienen clasificados en: microbiológicos, químicos y relacionados con la radiactividad.

Estos criterios se aplicarán a todas aquellas aguas que, independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministren a través de redes de distribución públicas o privadas, depósitos o cisternas.

Este Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16.^a de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Define el agua de consumo humano como:

1. todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados;
2. todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos;
3. y todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.

Esta normativa no se puede excluir de una situación de emergencia puesto que se percibe un riesgo potencial para la salud de las personas derivado de la calidad del agua aunque se trate de un abastecimiento individual y domiciliario o fuente natural que suministre como media menos de 10 m³ diarios de agua, o que abastezca a menos de 50 personas.

El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia, es decir, cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A (Parámetros microbiológicos) y B (Parámetros químicos) del anexo I de este Real Decreto.

El agua destinada a la producción de agua de consumo humano podrá proceder de cualquier origen, siempre que no entrañe un riesgo para la salud de la población abastecida.

La dotación de agua deberá ser suficiente para las necesidades higiénico-sanitarias de la población y el desarrollo de la actividad de la zona de abastecimiento, como objetivo mínimo debería tener 100 litros por habitante y día.

Los procesos de tratamiento de potabilización no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o degraden su calidad y supongan el incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I del Real Decreto y un riesgo para la salud de la población abastecida, ni deberán producir directa o indirectamente la contaminación ni el deterioro del agua superficial o subterránea destinada a la producción del agua de consumo humano.

4.2.1.2.1.2. Autor: Unión Europea (12). Esta Directiva tiene como objetivo proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano garantizando su salubridad y limpieza mediante unos requisitos que debe cumplir el agua potable en la Unión Europea. Define los parámetros y valores paramétricos que establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, excepto las aguas minerales naturales⁴ y las aguas medicinales. Dichos parámetro vienen clasificados en: microbiológicos, químicos y relativos a la radiactividad. Además, hace una especial mención a la calidad del agua embotellada.

---

⁴Directiva 2009/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de junio de 2009, sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales

Considera que estos valores paramétricos se basan en general en las recomendaciones sobre calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y en el dictamen del Comité científico consultivo de la Comisión para el estudio de la toxicidad y de la ecotoxicidad de los compuestos químicos.

A estos valores paramétricos cabe admitir excepciones siempre que la variación con respecto al valor máximo no constituya un peligro para la salud humana y no pueda abastecerse agua de otra forma. Esta excepción deberá ser autorizada por las autoridades competentes del Estado miembro afectado para un período no superior a tres años.

Los valores paramétricos establecidos deberán cumplirse:

- para las aguas suministradas a través de una red de distribución, en el punto, dentro de los locales o establecimientos, en el cual surge de los grifos que son utilizados habitualmente para el consumo humano;
- para las aguas suministradas a partir de una cisterna, en el punto en que salen de dicha cisterna;
- para las aguas envasadas en botellas u otros recipientes destinados a la venta, en el punto de envasado;
- y para las aguas utilizadas en empresas alimentarias, en el punto en que son utilizadas en la empresa.

Al igual que el RD 140/2003 (29), esta normativa no se puede excluir de una situación de emergencia puesto que se percibe un riesgo potencial para la salud de las personas derivado de la calidad del agua aunque se trate de un abastecimiento individual y domiciliario o fuente natural que suministre como media menos de 10 m³ diarios de agua, o que abastezca a menos de 50 personas.

Considera que las aguas destinadas al consumo humano son salubres y limpias cuando no contienen ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana y cumplen los requisitos mínimos especificados en las partes A (Parámetros microbiológicos) y B (Parámetros químicos) del anexo I de esta Directiva, y cuando, con arreglo a las disposiciones pertinentes de los artículos 5 a 8 y demás medidas necesarias para garantizar que las aguas destinadas al consumo humano cumplen los requisitos de la presente Directiva.

A partir de esta Directiva los Estados miembros deben establecer valores no menos restrictivos que los reflejados en esta Directiva pudiendo fijar valores para nuevos parámetros no incluidos en el anexo I si así lo exige la protección de la salud humana en su territorio nacional o en parte del mismo.

4.2.1.2.2. Legislación Civil Internacional

4.2.1.2.2.1. Autor: Estados Unidos (24, 86). En Estados Unidos la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) es la autoridad responsable de establecer las normas de calidad del agua potable⁵.

Los criterios de calidad del agua de consumo humano, establecidas por la EPA, tienen como objetivo controlar el nivel de contaminantes en el agua potable de Estados Unidos formando parte del concepto “barreras múltiples” de la SDWA. Incluye el análisis y protección de las fuentes de agua, la protección de pozos y sistemas de captación, el tratamiento por medio de operadores cualificados y el control de la integridad de sistemas de distribución y de la información pública sobre la calidad del agua que beben. En la mayoría de los casos, la EPA delega en los Estados y las comunidades la responsabilidad referente a la implementación de estos estándares.

Existen dos categorías de estándares del agua potable:

1. El **Reglamento Nacional Primario de Agua Potable** (estándar primario o NPDWR, por sus siglas en inglés) son los estándares aplicables legalmente a los sistemas públicos de agua. Los estándares primarios protegen la calidad del agua potable mediante la limitación de los niveles de contaminantes específicos que puedan afectar negativamente a la salud pública y que se sabe que existen o puedan existir en el agua. Estos estándares están relacionadas con los Niveles Máximos de Contaminantes o con las Técnicas de Tratamiento.
2. El **Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable** (estándar secundario o NSDWR, por sus siglas en inglés) es una guía para informar sobre los contaminantes que pueden producir efectos estéticos, como decoloración de la piel o dentadura, o dificultades de sabor, olor y color en el agua potable. La EPA recomienda los estándares secundarios a los sistemas de agua pero no obliga a cumplir con ellos. Sin embargo, los Estados pueden adoptarlos como estándares obligatorios si los consideran como primarios.

La EPA determina si un compuesto es contaminante y debe ser incluido en estas listas en base a estudios científicos realizados por expertos en la materia en los que incluyen con qué frecuencia aparece este contaminante en el medio ambiente; cómo están expuestos los seres humanos, los efectos sobre la salud –principalmente, los grupos de población vulnerables⁶–.

---

⁵Según Ley de Agua Potable Segura (SDWA –Safe Drinking Water Act– por sus siglas en inglés) que es la principal Ley que asegura la calidad del agua potable en los Estados Unidos, aprobada en 1974 y enmendada en 1986 y en 1996.

⁶En particular, niños, los ancianos y las personas con sistemas inmunodeprimidos.

Con esos datos establece un nivel máximo de contaminante objetivo (MCLG) (el nivel de un contaminante en el agua potable por debajo del cual Ley de Agua Potable 1974-2004 asegura la protección de la salud humana, de tal forma que desde el origen hasta el grifo no se espera, con un margen de seguridad, riesgo para la salud. Estos objetivos no son los niveles exigibles, ya que no toman en cuenta la tecnología disponible, y por lo tanto se establecen en niveles que los sistemas públicos de agua a veces no pueden cumplir. Por ello, se propone un nivel máximo de contaminante⁷ (MCL) de obligado cumplimiento o una Técnica de Tratamiento⁸ (TT). Los MCL se establecen tan próximos a los MCLG como sea factible, teniendo en cuenta la tecnología y el costo disponible.

Una vez determinado la anterior, la EPA debe completar un análisis económico para determinar si los beneficios de dicha norma justifican los costos. Si no, la EPA de EE.UU. puede ajustar el MCL para una clase o grupo de sistemas a un nivel que maximiza los beneficios de reducción de riesgos de salud a un costo que se justifica por los beneficios. La EPA no puede ajustar el MCL si los beneficios justifican el coste a los grandes sistemas, además, los sistemas pequeños tienen poco margen de adaptación.

4.2.1.2.2.2. Autor: Federación de Rusia (19). Los Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable del Ministerio de Salud de la Federación de Rusia incluyen una lista de sustancias dañinas para el ser humano que pueden estar presentes en el agua y que pueden ser identificadas con los métodos de análisis modernos. Clasifica las sustancias según la estructura del compuesto ya sea orgánica o inorgánica.

4.2.1.2.2.3. Autor: India (46). Esta normativa se realizó en dos fases.

En un primer momento, se estableció una primera aproximación teniendo en cuenta toda la información disponible actualizada acerca de la naturaleza y el efecto de diversos contaminantes, así como también las nuevas técnicas para la identificación y la determinación de su concentración. Posteriormente, y sobre la base de la experiencia adquirida, se incorporaron requisitos adicionales para la alcalinidad; aluminio y boro y se modificaron los límites permisibles de sólidos disueltos, nitratos

---

⁷Cantidad máxima de un contaminante permitido en el agua que se entrega a un usuario de cualquier sistema público de agua.

⁸Procedimiento necesario o el nivel de desempeño tecnológico establecer cuando no existe un método confiable para medir un contaminante a niveles muy bajos. Ejemplos de lo anterior de reglas que requieren técnicas de tratamiento son: el tratamiento de aguas superficiales requiere la desinfección y filtración y la eliminación del Plomo y el Cobre requiere un control de la corrosión optimizado).

y residuos de plaguicidas .

Para la elaboración de esta norma, India se ha basado en las siguientes normas:

1. Directivas de la UE relativas a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (80/778/CEE) y la Directiva 98/83/CE del Consejo.
2. Norma USEPA-Reglamento nacional primario de agua potable. EPA 816-F-02-013 de fecha de julio de 2002.
3. Directrices de la OMS para la calidad del agua potable aparecidas en el segundo volumen “Criterios de salud y otra información de apoyo” de su tercera edición.
4. Manual sobre el suministro y tratamiento de agua, tercera edición-revisado y actualizado mayo de 1999, el Ministerio de Desarrollo Urbano, Nueva Delhi.

En una segunda fase, se establecieron el procedimiento para evaluar la amenaza viral.

4.2.1.2.2.4. Autor: Japón (49). Las normas para la calidad del agua potable (DWQSS⁹) de Japón se basan en dos supuestos:

- Los estándares han sido establecidos para todas aquellas sustancias que pueden afectar a la salud, el bienestar de la comunidad dependiendo de la localidad, tipo de agua sin tratar o el método de purificación independientemente de si en ese momento los niveles en Japón son bajos.
Tiene establecido el nivel de 50 parámetros reflejados en el cuadro de la página 562.
- Los sistemas de abastecimiento de agua están obligados a llevar a cabo el análisis de calidad de agua potable para los parámetros básicos pudiendo analizar algunos de los no básicos dependiendo de la situación.

Recientemente se han añadido los siguientes parámetros: *Escherichia coli*; Boro; 1,4-Dioxane; Bromato; Ácido cloroacético; Ácido dicloroacético; Ácido tricloroacético.;

---

⁹Drinking Water Quality Standards.

1,1,1-Tricloroetano; Formaldeído; Aluminio; Geosmin; Agentes activos superficiales no iónicos; 2-Metilisoborneol (2MIB); y Carbón orgánico total (TOC); y se han eliminado: Coliformes totales; 1,2-Dicloroetano; 1,3-Dicloropropeno; Simazina; Tiuram; Thiobencarb; 1,1,2-Tricloroetano; 1,1,1-Tricloroetano; y Consumo de permanganato potásico.

No especifica a los pesticidas como contaminantes. Sin embargo, desde que la población tiene una sensibilidad especial en este tema, han relacionado 101 parámetros para su monitorización estableciendo un nivel total de pesticidas como la relación entre la suma de medidas entre la suma de sus valores respectivos.

Establece una lista de 27 parámetros complementarios con el nivel objetivo a alcanzar que no se consideran primarios por la baja presencia en el ambiente natural, pero que se considera necesario reducir. Están reflejados en el cuadro de la página 564.

Finalmente, relacionan 40 parámetros los cuales es necesario su estudio ya que no se ha determinado su toxicidad o las concentraciones encontradas son mínimas. Están reflejados en el cuadro de la página 565.

4.2.1.2.2.5. Autor: República Popular China (15). Esta normativa está orientada para llevar a cabo la política de protección del medio ambiente en la República Popular China, para controlar la contaminación del agua y proteger los recursos acuáticos. Se aplica a las aguas superficiales. Clasifica las fuentes de agua en cinco tipos, de los cuales los tres primeros definen una calidad óptima para el agua potable. Los cinco tipos son los siguientes:

- Tipo I: se aplica principalmente a fuentes de agua y reservas naturales.
- Tipo II: se aplica principalmente a los recursos de tipo I que son utilizados para agua potable, peces protegidos y piscifactorías.
- Tipo III: se aplica principalmente a los recursos de tipo II que son utilizados para agua potable, peces comunes y zonas de baño.
- Tipo IV: se aplica principalmente a fuentes de agua para uso industrial y recreativos sin contacto con las personas.
- Tipo V: se aplica principalmente a masas de agua para agricultura y el campo.

4.2.1.2.2.6. Autor: Canadá (11). Las Recomendaciones para la Calidad del Agua Potable en el Canadá sustituyeron en los años 1970 a normas más restrictivas sobre la calidad del agua para no tener la consideración de leyes y no puedan ser exigibles desde el punto de vista legal. Éstas se actualizan regularmente por el Comité Territorial-Provincial-Federal sobre Agua Potable Federal-Provincial-Territorial¹⁰

---

¹⁰Committee on Drinking Water (CDW)

en base a los efectos que se producen en la salud, estéticos y otras consideraciones operativas. Los efectos en la salud están basados en una revisión global de los efectos conocidos que causan cada uno de los contaminantes. Los efectos estéticos (sabor, olor, etc.) determinan la aceptación del consumidor a ingerir ese agua potable. Finalmente, las consideraciones operativas relacionan cada uno de los contaminantes con sus efectos en los distintos tratamientos (p.e. la turbidez interfiere en la desinfección por UV) o el desgaste de las plantas de tratamiento, almacenamiento y distribución.

Canadá intentó en 1996 transformar sus recomendaciones en legislación (10). Sin embargo, tras un profuso estudio se concluyó que no era viable debido a:

- el 70 % de los sistemas de tratamientos de aguas no se podían certificar a los niveles que perseguía la Administración Canadiense;
- el 70 % de los elementos de distribución no cumplían los estándares propuestos;
- y más del 30 % de los aditivos de los sistemas de tratamiento de aguas vendidos en Canadá tampoco cumplían los estándares propuestos.

Los criterios utilizados en estas Recomendaciones son los siguientes:

1. la exposición al contaminante puede tener efectos dañinos sobre la salud humana;
2. o el contaminante se encuentra o se espera encontrar en la mayoría de los puntos de abastecimiento de agua potable del Canadá;
3. o el contaminante es detectado o se espera detectar en el agua potable en una concentración que pueda afectar a la salud humana.

El cuadro de parámetros microbiológicos tiene la máxima prioridad dentro de esta normativa. La eliminación de estos elementos los afronta de forma integral. El sistema multibarrera está basado en la protección de las fuentes de agua, un adecuado tratamiento de las aguas, que incluye la desinfección, y un sistema de distribución de agua bien mantenido.

4.2.1.2.2.7. Autor: Australia (3). Australia establece unas directrices orientativas que definen el marco de referencia sobre el que gestionar el suministro de agua potable. Establece dos tipos de valores guía: los relacionados con la salud y los relacionados con sus cualidades estéticas. Éstos están incluidos dentro del capítulo monitorización a largo plazo (más de doce meses).

Esta normativa establece que el mayor riesgo para los consumidores de agua potable son los microorganismos patógenos.

Considera que los sistemas de agua potable deben ser, además de estar continuamente mantenidos, un robusto sistema multibarrera apropiado al potencial nivel de contaminación que contiene el agua bruta.

4.2.1.2.2.8. Cuadro comparativo legislación civil .

En el siguiente cuadro se pueden comparar las legislaciones sobre la calidad requerida por las aguas para que sean potables con las siguiente consideraciones:

- Los valores paramétricos muestran la cantidad máxima permitida de ese parámetro.
- El símbolo (I) significa que es un valor indicador en la legislación pero que no es exigible.
- El símbolo (R) significa que es un valor recomendado que no es exigible.

Con objeto de identificar aquellas normas más restrictivas o más permisivas en relación a los valores de la Organización Mundial de la Salud se ha establecido un código de colores de la siguiente manera:

	Verde:	valor más restrictivo. Por lo tanto, a favor de la seguridad.
	Naranja:	valor que se ajusta al establecido por la OMS.
	Rojo:	valor más permisivo. Por lo tanto, riesgo de contaminación.

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	India Req.	India Emerg.	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
A.- Parámetros físicos													
Alcalinidad	mg HCO_3^-/L						200	600	5		15	15	
Color	mg/L Pt/Co		15 (I)	0 (I)			5	25					
Conductividad	$\mu\text{S cm}^{-1}$ a 20°C		2500 (I)	2500 (I)									
Demanda bioquímica de oxígeno a 20 °C sin nitrificación	mg/L O_2									3			
Demanda química de oxígeno	mg/L O_2									15			
Dureza total	mg Ca/L					7	300	600	300		No requerido	200	0
Índice de langelier													
Olor	25°C Índice de dilución		$\pm 0,5$ (I)	0 (I)			agradable	agradable	No anormal	2	Inofensivo	No cesario	
Oxidabilidad (KMnO_4)	mg/L O_2		5 (I)	5 (I)		5	6,5	6,5	5,8	6	6,5	6,5	
pH	mínimo		6,5 (I)	6,5 (I)		6	8,5	8,5	8,6	8,5	8,5	8,5	
pH	máximo		9,5 (I)	9,5 (I)		9	agradable		No anormal		Inofensivo	No cesario	
Sabor	25° C Índice de dilución		3 (I)	0 (I)									
Sólidos disueltos totales	mg/L					1000	500	2000	500		500	600	
Temperatura máxima	°C										15	No cesario	
Turbidez	NTU		1 (I)	0 (I)	1	1,5	5	10	2		0,1	5	

Cuadro 4.1: Comparativa legislación civil. Cuadro I

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	Req.	India	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
B- Parámetros químicos inorgánicos													
Aluminio	mg/L Al		0,2 (I)	0,2 (I)		0,5	0,03	0,2	0,02		0,1	0,2	
Amonio	mg/L NH ₄		0,0005 (I)	0,0005 (I)							0	0,5	
Antimonio	mg/L	0,02	0,005	0,005	0,006					0,05	0,006	0,003	
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05					0,01	0,01	0,05
Asbestos(fibras >10 micrómetros)	Millones de fibras por litro				7						0	0	0
Bario	mg/L	0,7			2	0,1	0,7	0,7			0,1	2	0
Berilio	mg/L				0,004	0,0002						0,06	0
Boro	mg/L	0,5	1	1		0,5	0,3	1,5	1		5	4	
Bromato	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01				0,01		0,01	0,02	
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,005	0,005	0,001			0,003	0,005	0,005	0,002	0,005
Calcio	mg/L						75	200			No requerido		
Cinc	mg/L	5	1 (I)		4,0	5	5	15	1	1	5	3	
Cloro libre residual	mg/L					0,5	0,2						
...Cloro combinado residual	mg/L		2 (I)			1,2		1000	200	250		5	
...Cloruros	mg/L	3			4,0	350	250				3	6	
...Cloraminas (como Cl ₂)	mg/L										No requerido	0,4	
Monocloramina	mg/L				0,8								
...Dióxido de Cloro (como ClO ₂)	mg/L	0,7			1				0,6		1	0,8	
...Clorito	mg/L										1	0	
...Clorato	mg/L										1		
Cobre	mg/L	2	2	2	1,3	1	0,05	1,5	34	1	1	2	
Cromo (total)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1						0,05		0,05
...Cromo (III)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1								0,05
...Cromo (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05			0,05	0,05		0,05	0,05
Estroncio	mg/L					7							
Flúor (Fluoruro)	mg/L	1,5	1,5	1,5	4	1,2	1	1,5	0,8	1	1,5	1,5	1,5
Fósforo	mg/L									0,02			
Hierro	mg/L		0,2 (I)	0,2 (I)		0,3	0,3	1	0,3	0,3	0,3	0,3	
Magnesio	mg/L						30	100			No requerido		
Manganeso	mg/L	0,4	0,05 (I)	0,05 (I)		0,1	0,1	0,3	0,05	0,1	0,05	0,5	
Mercurio (inorgánico)	mg/L	0,006	0,001	0,001	0,002	0,0005			0,0005	0,00005	0,001	0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	0,07				0,025	0,07	0,07				0,05	
Níquel	mg/L	0,07	0,02	0,02		0,1						0,02	0

Cuadro 4.2: Comparativa legislación civil. Cuadro II

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	India Req.	India Emerg.	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
Nitrógeno Kjeldahl (tranne NO ₃)	mg/L N						45	45		0,5	10		
Nitrato (medido como nitrógeno)	mg/L NO ₃	50	50	50	10	45			10	10	45	50	10
Nitrito (medido como nitrógeno)	mg/L NO ₂	3	0,1	0,5	1				10	0,1			0
Ozono	mg/L					3							
Plata	mg/L Ag										No requerido	0,1	0
Plomo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,015	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01		0,05
Selenio	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sodio	mg/L Na		200 (I)	200 (I)					200		200	180	
Sulfato	mg/L SO ₄	500	250 (I)	250 (I)		500	200	400		250	500		
Sulfuro de hidrógeno	mg/L										0,05	0,05	
Talio	mg/L				0,002								
Yodo	mg/L												
C.- Parámetros microbiológicos													
Virus													
...Enterovirus					99,99 % eliminación								
Bacterias													
...Recuentos de colonias a 22°C	UFC/1mL		100 (I)	0 (I)		50	0		100				
...Recuentos de colonias a 37°C	UFC/100mL					0	0						
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	UFC/100mL		0 (I)	0 (I)	5 % muestras positivas	0	0			0	0		
.....Escherichia Coli	UFC/100mL		0	0		0	0						
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	UFC/100mL		0	0		0							
...Enterococo	UFC/100mL		0	0									

Cuadro 4.3: Comparativa legislación civil. Cuadro III

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	Req.	India	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
...Cuento de placas de bacterias heterotróficas (HPC)					500 colonias/mL						0		
...Legionella					0								
Protozoos													
...Esporas/quiste						0							
...Recuento de colonias a 37°C	UFC/20 mL		100										
...Cryptosporidium parvum					99 % eliminación								
...Giardia Lamblia					99,9 % eliminación	0					0		
D.- Parámetros químicos orgánicos													
Acetonitrilos halogenados (dicloroacetoni-trilo, dibromoacetoni-trilo, bromocloroacetoni-trilo, tricloroacetoni-trilo)	mg/L	0,02			0,06				0,02 0,04 0,2 0,01		0,08	0	
Ácidos haloacéticos (HAA5)	mg/L												
...Ácido monocloraacético	mg/L	0,02										0,15	
...Ácido dicloroacético	mg/L	0,05										0,1	
...Ácido tricloroacético	mg/L	0,2										0,1	
Acrilamida	mg/L	0,0005			0,0005	2						0,0002	
Benceno	mg/L	0,01	0,001 0,001	0,001 0,001							0,005	0,001	
...Clorobenceno	mg/L				0,1						0,03	0,3	
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	mg/L	0,02			0,00000003							0,03	
...Estireno (vinil benceno)	mg/L	0,3			0,1							0,3	
...Etilbenceno	mg/L	0,0006			0,7						0,0024	0,0007	
...Hexaclorobutadieno	mg/L	0,7			1						0,024	0,8	
...Tolueno	mg/L				0,07							0,03	
...1,2,4-Triclorobenceno	mg/L	0,5			10						0,3	0,6	
...Xileno (Dimetilben-ceno)(total)	mg/L		Sin cambios anó-malos mg/L (f)	0 (f)					3				
Carbono orgánico total	mg/L												

Cuadro 4.4: Comparativa legislación civil. Cuadro IV

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	India Req.	India Emerg.	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,07	0,05	0,05	0,2	0,035			0,01	0,05	0,2	0,08	0,1
Epichlorhidrina (ECH)	mg/L	0,0004	0,0001	0,0001	TT8	0,05						0,0005	
Formaldehído (en agua como derivado del tratamiento con ozono) (metanal)	mg/L												
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	mg/L	0,0007	0,0001	0,0001	0,0002					0,0025	0,00001	0,00001	0,00001
...Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,00001	0,00001		0,1							
Petroquímicos totales	mg/L												
Plaguicidas (Total)	µg/L		0,5	0,5							0,07	0,007	
Plaguicida individual	µg/L		0,1								0,007	0,02	
...Aminas cuaternarias	mg/L				0,02								
.....Diquat	mg/L												
.....Paraquat	mg/L												
...Anilinas	mg/L				0,002								
.....Alaclor	mg/L	0,02											
.....Metolaclor	mg/L	0,0001									0,05	0,3	
.....Pendimetalina	mg/L	0,02										0,4	
.....Trifluralina	mg/L	0,02									0,045	0,09	
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd												
.....Aldicarbón	mg/L	0,01										0,004	
.....Carbofurano	mg/L	0,007			0,04						0,09	0,01	
.....Oxamil (Vidato)	mg/L				0,2							0,007	
...Fenoxi ácidos	mg/L						0,001	0,002	0,005	0,002			
.....Clorofenoles	mg/L	0,09				0,25					0,9	0	0
chlorophenol, 2,4-dichlorophenol)	mg/L												
.....2-clorofenol	mg/L					0,25							
.....2,4-diclorofenol	mg/L					0,25						0,3	
.....Ácido	mg/L					0,03					0,1	0,03	0,1
diclorofenoxiacético (2,4-D)	mg/L	0,03			0,07	0,03							
.....Ácido	mg/L										0,1	0,04	
clorofenoxiacético (MCPA)	mg/L	0,002									0,1		

Cuadro 4.5: Comparativa legislación civil. Cuadro V

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	India	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009			0,001	0,25				0,03	0,01	0,01
.....Policlorados bifenilos (PCB)	mg/L				0,0005							
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/L					0,25				0,1		
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)	mg/L	0,2				0,25				0,002	0,02	0,01
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)	mg/L	0,009									0,01	
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)	mg/L	0,009			0,05						0,01	
...Halogenados alifáticos												
.....Dalapon	mg/L				0,2						0,5	
...Organoclorados												
.....Aldrina	µg/L	0,03	0,03	0,1	0,002						0,03	0,03
.....Clordano	mg/L Cl	0,0002									0,002	0,0003
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)	mg/L	0,001			0,0002							
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB)	mg/L	1			0,6					0,003	0	
Diclorobenceno (1,2-DCB)											0,02	
.....1,3-Diclorobenceno	mg/L											
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB)	mg/L	0,3			0,075					0,001	0,04	
Diclorobenceno (1,4-DCB)												
.....1,1-Dicloroetano	µg/L										0	0,3
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L	0,03	0,003	0,003	0,005					0,005	0,003	0,01
.....1,1-Dicloroetileno (1,1-Dicloroeteno)	mg/L				0,007					0,014	0,03	
.....cis-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,05			0,07			0,04			0,06	
.....trans-1,2-Dicloroetileno	mg/L				0,1			0,04				
.....1,2-Dicloropropano	mg/L	0,04			0,005							
.....Dieldrina	µg/L	0,03	0,03	0,1							0,03	0,03
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	mg/L	0,001				0,002					0,009	0,001

Cuadro 4.6: Comparativa legislación civil. Cuadro VI

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	Req.	India	Emerg.	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
.....Endrina	mg/L	0,0006			0,002									0,0001
.....Heptacloro	mg/L	0,0001	0,00003	0,00003	0,0004								0,0003	0,0001
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,0001	0,00003	0,00003	0,0002									0,0001
.....Hexaclorobenceno	mg/L	0,00001			0,001									0,00001
.....Hexaclorociclopentadieno	mg/L				0,05									
.....Lindano	mg/L	0,002			0,0002	0,002								
.....Metoxicloro	mg/L	0,02			0,04								0,01	0,003
.....Toxafeno	mg/L				0,003								0,3	30
.....Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004			0,005									
.....1,1,1-Tricloroetano	mg/L	2			0,2					0,04		0,002	0,003	0,003
(metilcloroformo)														
.....1,1,2-Tricloroetano	mg/L				0,005									
.....Picloram	mg/L				0,5							0,19	0,3	
...Organofosforados														
.....Clorpirifos	mg/L	0,03					0,03					0,09	0,01	
.....Dimetoato	mg/L	0,006											0,007	
.....Glifosato	mg/L				0,7							0,28	1	
...Pyrethroids														
.....Permetrina	mg/L	0,3											0,2	
...Quelatos														
.....Ácido etilendiaminote- traacético	mg/L	0,6											0,25	
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)	mg/L	0,2										0,4	0,2	
...Tiocarbamato														
.....Molinato	mg/L	0,006											0,004	
...Triacinas														
.....Atrazina	mg/L	0,002			0,003							0,005	0,02	
.....Simazina	mg/L	0,002			0,004							0,01	0,02	
.....Terbutilazina (TBA)	mg/L	0,007											0,01	

Cuadro 4.7: Comparativa legislación civil. Cuadro VII

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	Req.	India	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno	mg/L	0,02+0,04	0,01	0,01	0,005				0,01		0,005	0	
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))	mg/L	0,02	0		0,005				0,01		0,03	0,05	10
.....Tetracloroeteno (Tetracloroetileno)	mg/L	0,04	0		0,005								
...Otros													
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	mg/L	0,0004			0,00005							0,001	
.....1,3-Dicloropropeno	mg/L	0,02			0,007							0,1	
.....Dinoseb	mg/L				0,1							0,1	
.....Endotal	mg/L				0,4							0	
PVC													
...Adipato de di-(2-etilhexilo) (DEHA)	mg/L												
...Cloruro de vinilo (cloroeteno)	mg/L	0,0003	0,5	0,0005	0,002							0,0003	
...Di-(2-etilhexilo) ftalato (DEHP)	mg/L	0,008			0,006							0,01	
Sustancias tensoactivas	mg/L					0,5							
...Aniónicas	mg/L												
...Espumantes	mg/L												
.....1,4-Dioxano	mg/L	0,05							0,05				
Trihalometanos totales (THM)	mg/L	1	0,1		0,08				0,1		0,1	0,25	0
...Disustituido													
.....Diclorometano (cloruro de metileno)	mg/L	0,02			0,005				0,02		0,15	0,004	
...Trisustituido													
.....Bromodichlorometano	mg/L	0,06							0,03				
.....Bromoformo	mg/L	0,1	0						0,09				
.....Cloroformo	mg/L, residuo seco	0,3		0,1		0,2			0,06				0,03
.....Dibromoclorometano	mg/L	0,1							0,1				

Cuadro 4.8: Comparativa legislación civil. Cuadro VIII

Parámetro	Ud.	OMS	España	UE	EEUU	Rusia	Req.	India	Japón	China	Can.	Aust.	ACNUR
E.- Guerra Química													
Toxinas	mg/L												
...Microcistina	mg/L	0,001	0,001								0,0015	0,0013	
F.- Radiactividad													
Actividad bruta de partículas alfa	Bq/L		0,1 (R)		15	0,2						1	
Dosis indicativa total	mSv/año				pCi/L								
Elementos radiológicos	µCi/L		0,1 (R)	0,1 (R)		1					10		
...Cesio-137	Bq/L										5		
...Estroncio-90	Bq/L										0,2		
...Plomo-210	Bq/L				5						0,5		
...Radio 226 y Radio 228 (combinados)	pCi/L					60					No requerido		
...Radón-222	Bq/L										7000		
...Tritio	Bq/L		100 (R)	100 (R)	30						0,02	0,017	
...Uranio	mg/L	0,015									6		
...Yodo-131	Bq/L				4	1							
Emisores de partículas beta y de fotones	Bq/L		1 (R)		mi-lirems por año (mrem/año)								

Cuadro 4.9: Comparativa legislación civil. Cuadro IX

4.2.1.2.3. Legislación Militar Nacional

4.2.1.2.3.1. Autor: España, Ministerio de la Presidencia (33). Las características especiales de los abastecimientos de agua en las Fuerzas Armadas, relacionadas con su inherente movilidad y operatividad, con instalaciones repartidas por toda la geografía nacional, ubicadas en núcleos urbanos o en bases y destacamentos alejados de las ciudades, donde el agua de consumo humano puede ser procedente de abastecimientos municipales, propios o mixtos, y el uso cada vez más frecuente de aljibes y cisternas, debido a la participación en operaciones en el exterior hace necesario establecer un programa específico para el ámbito de las Fuerzas Armadas de la vigilancia sanitaria de las aguas de consumo humano.

El Real Decreto 1120/2012, de 20 de julio, por el que se modifica al Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, añade una disposición adicional, estableciendo que, cuando las disposiciones de este real decreto afecten a las unidades, centros y organismos pertenecientes al Ministerio de Defensa y sus organismos públicos, serán aplicadas por la Inspección General de Sanidad de la Defensa, coordinando con el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, las comunidades autónomas y los municipios las acciones que sean necesarias.

4.2.1.2.3.2. Autor: España, Ministerio de Defensa (31). La Orden DEF/2150/2013, de 11 de noviembre, tiene por objeto desarrollar, en el ámbito del Ministerio de Defensa, el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Será de aplicación a las aguas de consumo humano de los Buques de la Armada, Unidades, Instalaciones, Centros, Organismos, Bases, Acuartelamientos o Establecimientos (BUICOB AE) del Ministerio de Defensa y sus organismos públicos, en territorio nacional, siendo igualmente aplicables las exclusiones previstas en el artículo 3.2 del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

Cuando el agua de consumo de los BUICOB AE proceda de abastecimiento o captaciones propias, el Jefe del BUICOB AE tendrá la consideración de gestor y/o gestores, según establece el artículo 2.3, del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

Los Jefes de los BUICOB AE serán responsables del control de la gestión y abastecimiento y de que los laboratorios de control de la calidad del agua de consumo humano realicen, en cada una de las partes del abastecimiento, los correspondientes análisis de autocontrol y control en el grifo del consumidor.

Si la calidad del agua de consumo humano sufriera modificaciones que impliquen que de forma temporal o permanente no sea apta para el consumo, los Jefes de los BUICOBAE del Ministerio de Defensa y de sus organismos públicos deberán poner en conocimiento de su Mando y/o de la población dicha situación de incumplimiento y las medidas correctoras y preventivas previstas o tomadas, a través de los medios y en la forma que considere más adecuada, de acuerdo con las directrices de la Autoridad Sanitaria, a fin de evitar cualquier riesgo que afecte a la protección de la salud humana.

4.2.1.2.3.3. Autor: Eurocuerpo, FINABEL (34). El informe G.24.R de FINABEL¹¹ sobre “Abastecimiento de Agua en Operaciones” trata sobre todas las fases de producción de agua potable para cualquier situación táctica. Cubre los siguientes asuntos:

- Categorización de todos los tipos de agua usadas en operaciones.
- Requerimientos de calidad en función de su uso.
- Elementos de las diferentes fases de la producción de agua.
- La organización y cometidos del abastecimiento de agua.
- Capacidades y competencias a desarrollar.
- Recomendaciones. El estudio tiene en cuenta las diferentes tendencias actuales o en desarrollo.

Finalmente, establece los criterios mínimos de potabilidad de aguas durante operaciones de artículo 5¹² o consumo eventual –inferior a 7 días– en cualquier ope-

---

¹¹Finabel es una organización de la Unión Europea creada con el propósito de promover la interoperatividad y cooperación entre los ejércitos nacionales de los miembros de la Unión. los estudios que realizan se materializan en informes, acuerdos y convenciones. En este caso, se trata del informe G.24.R sobre “Abastecimiento de Agua en Operaciones”. España pertenece a FINABEL desde 1990.

¹²Artículo 5 del Tratado del Atlántico Norte: Las Partes convienen en que un ataque armado contra una o varias de ellas, ocurrido en Europa o en América del Norte, será considerado como un ataque dirigido contra todas, y, en consecuencia, convienen en que si tal ataque se produce, cada una de ellas, en el ejercicio del derecho de legítima defensa, individual o colectiva, reconocido por el art. 51 de la Carta de las Naciones Unidas, asistirá a la Parte o Partes atacadas tomando individualmente, y de acuerdo con las otras, las medidas que juzgue necesarias, comprendido el empleo de las fuerzas armadas para restablecer la seguridad en la región del Atlántico Norte.

Todo ataque armado de esta naturaleza y todas las medidas tomadas en consecuencia, serán puestas inmediatamente en conocimiento del Consejo de Seguridad. Estas medidas acabarán cuando el Consejo de Seguridad haya tomado las necesarias para restablecer y mantener la paz y la seguridad internacionales.

ración terrestre.

4.2.1.2.3.4. Autor: Organización del Tratado del Atlántico Norte (NATO), Acuerdo de normalización 2136 (STANAG 2136) (64). El Acuerdo de Normalización (STANAG) 2136 establece la calidad mínima aceptable para el agua que produce una nación de la OTAN durante sus operaciones. Regula las normas de potabilidad del agua para situaciones rutinarias y de emergencia. También se especifican los requisitos de seguimiento y pruebas de funcionamiento. Los objetivos del STANAG 2136 son:

- establecer un enfoque normalizado para asegurar la calidad del agua potable suministrada a las tropas durante todas las operaciones (al amparo del artículo 5 o no).
- establecer los requisitos mínimos de potabilidad del agua potable suministrada a las tropas en el teatro de operaciones en situaciones de emergencia.
- establecer las capacidades de pruebas de calidad de agua mínimos requeridos en campaña.
- proporcionar información sobre:
  - las responsabilidades a nivel nacional para el suministro de agua durante las operaciones.
  - la capacidad nacional para las pruebas de calidad del agua.

4.2.1.2.4. Legislación Militar Internacional

4.2.1.2.4.1. Autor: Ejército de Tierra de los Estados Unidos de América, TB MED 577 (versión mayo de 2010) (87). El Boletín Técnico 577 sobre el control sanitario y vigilancia de los suministros de agua en campaña define dos listas de requerimientos mínimos de calidad: corto y largo plazo. Estima el límite entre ambas en 30 días debido a que determina que este es el tiempo desde que se inicia la operación y se han desplegado las plantas tratamiento y los sistemas de distribución de aguas.

Los requerimientos para corto plazo han sido diseñados para prevenir enfermedades graves durante el desarrollo de la misión. La mayor parte de los parámetros pueden ser medidos con equipos de campo. Las muestras que no puedan ser evaluadas en el campo pueden ser enviadas a un laboratorio aprobado por el Departamento de Defensa. El agua tratada con pequeñas plantas de ósmosis inversa (agua de clase

I - potable) que cumpla con los estándares a corto plazo puede ser utilizada como agua potable (incluyendo el agua envasada en campo) durante al menos los primeros 30 días de despliegue sin efectos adversos para la salud.

Después de 30 días, se aplicarán los requerimientos a largo plazo para los sitios de producción de agua potable a granel y envasada. En la práctica, es habitual que el personal desplegado en operaciones beba agua comercial embotellada hasta que se establezcan los sistemas de tratamiento y distribución, incluyendo los de embotellado y envasado.

4.2.1.2.4.2. Autor: Ejército de Tierra de los Estados Unidos de América, TB MED 577 (versión diciembre de 2005) (85). Esta versión del Boletín Técnico se encuentra actualmente derogada. Sin embargo, a través de ella se pueden obtener de forma indirecta las siguientes normas que se aplican el Ejército de Tierra de los Estados Unidos:

- US Tri-Service Field Water Standards. Son acuerdos de normalización entre los tres Ejércitos de los Estados Unidos. En principio, deberían ser idénticos a los reflejados en el STANAG 2136 aunque difieren ligeramente.
- Quadripartite (American-British-Canadian-Australian Armies) Standardization Agreement (QSTAG) 245. Son acuerdos de normalización del cuatripartito formado por Estados Unidos, Reino Unido, Canadá y Australia durante operaciones que participen los cuatro Estados.

4.2.1.2.4.3. Cuadro comparativo legislación militar .

En el siguiente cuadro se pueden comparar las legislaciones de carácter militar, tanto propias como aliadas, sobre la calidad requerida por las aguas para que sean potables con las siguiente consideraciones:

- Los valores paramétricos muestran la cantidad máxima permitida de ese parámetro.
- Establece el límite entre corto y largo plazo en 7 días.
- De las siguientes columnas, España ha ratificado las columnas de STANAG 2136 y FINABEL correspondientes a las normas de carácter militar anteriormente nombradas:
- Se han incluido las recomendaciones de valores límites paramétricos de la OMS y ACNUR y del RD 140/2003 para que sirva de referencia con las normas aplicables en caso de suministro de agua en campaña o situación de emergencia.

- El Boletín Técnico 577 sobre el control sanitario y vigilancia de los suministros de agua en campaña (87) establece el límite entre corto y largo plazo en 30 días.

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día				TB MED 577	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service		>30 días	
A.- Parámetros físicos													
Color	mg/L escala Pt/Co		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Olor	25°C Índice de dilución		3	3	3	3	0		3	3	3	Acceptable	
pH mínimo			6,5	5	5	5	5		5	5	5	6,5	
pH máximo			9,5	9	9	9	9,2		9	9	9	8,5	
Sólidos disueltos totales (SD)	mg/L			1000	1000	1000	1500		1000	1000	1000	500	
Temperatura mínima	°C			15	15	15	15		15	15	15		
Temperatura máxima	°C			22	22	22	22			22	22		
Turbidez	NTU		1	1	1	1	1		1	1	1	1	
B.- Parámetros químicos inorgánicos													
Aluminio	mg/L Al	0,2	0,2									0,2	
Antimonio	mg/L	0,02	0,005									0,006	
Arsénico	mg/L	0,01	0,01				0,05			0,02		0,01	0,05
Asbestos	mLF								0,00002			7	0
Bario	mg/L	0,7										2	0
Berilio	mg/L											0,004	0
Bromato	mg/L	0,01	0,01									0,01	
Cadmio	mg/L	0,003	0,005									0,005	0,005
Cinc	mg/L											5	
Cloro libre residual (como Cl ₂)	mg/L	5	1									4	
...Cloraminas (como Cl ₂)	mg/L		3									4	
...Cloruros	mg/L											250	
...Clorito	mg/L											1	
...Dióxido de Cloro (como ClO ₂)	mg/L	0,7										0,8	

Cuadro 4.10: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro I

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día				TB MED 577 >30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service			
Cobre	mg/L	2	2								1	0,05	
Cromo (total)	mg/L	0,05	0,05								0,1	1,5	
Flúor (Fluoruro)	mg/L	1,5	1,5								4		
Hierro	mg/L		0,2								0,3		
Magnesio	mg/L			100					30				
Manganeso	mg/L	0,4	0,05								0,05		
Mercurio (inorgánico)	mg/L	0,006	0,001			100	150			30	0,002	0,001	
Níquel	mg/L	0,07	0,02								-	0	
Nitrato (medido como nitrógeno)	mg/L NO ₃	50	50								10	10	
Nitrato (medido como nitrógeno)	mg/L NO ₃	3	0,1								1	0	
Plata	mg/L											0	
Plomo	mg/L	0,01	0,01								0,1	0,05	
Selenio	mg/L	0,01	0,01								0,015	0,01	
Sulfato	mg/L SO ₄	500	250	300	300	300	400		100	100	250		
Talio	mg/L										0,002		
C.- Parámetros microbiológicos													
Virus				1			1				TT		
Bacterias													
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	UFC/100mL		0	1	0	1	1		0	1	0		
.....Escherichia Coli													
...Enterococo	UFC/100mL		0								0		
Protozoos	UFC/100mL		0										
...Esporas/quiste				1			1						
...Cryptosporidium parvum											TT		
...Giardia Lamblia											TT		

Cuadro 4.11: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro II

Parámetro	Ud.	OMS	5 l/día				15 l/día		TB MED 577 >30 días	ACNUR
			ESPAÑA	STANAG 2136	FINABEL	US Tri- Service	QSTAG 245	STANAG 2136		
D.- Parámetros químicos orgánicos										
Ácidos haloacéticos (HAA5)	mg/L									0,06
Benceno	mg/L	0,01	0,001							0,005
...Clorobenceno	mg/L									0,1
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	mg/L									0,00000003
...Estireno (vinil benceno)	mg/L	0,02								0,1
...Etilbenceno	mg/L	0,3								0,7
...Tolueno	mg/L	0,7								1
...1,2,4-Triclorobenceno	mg/L									0,07
...Xileno (Dimetilben- ceno)(total)	mg/L	0,5								10
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,07	0,05	6	0,006	0,5	0,002	2	0,2	0,1
Hidrocarburos Policíclicos	mg/L	0,0007	0,0001							
Aromáticos (HPA)	mg/L									
...Benzo(a)pireno	µg/L	0,0007	0,00001						0,0002	0,00001
Plaguicida individual			0,1							
...Aminas cuaternarias	mg/L									
.....Diquat										
...Anilinas	mg/L									
.....Alaclor	mg/L	0,02							0,02	
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd								0,002	
.....Carbofurano	mg/L									
.....Oxamil (Vidato)	mg/L	0,007							0,04	
...Fenoxi ácidos	mg/L								0,2	
.....Ácido 2,4- diclorofenoxiacético (2,4-D)	mg/L	0,03							0,07	0,1
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009							0,001	0,01
.....Policlorados bifenilos (PCB)	mg/L								0,0005	
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Sil- vex)	mg/L	0,009							0,05	

Cuadro 4.12: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro III

Parámetro	Ud.	OMS	5 l/día				15 l/día		TB MED 577 >30 días	ACNUR
			España	STANAG 2136	FINABEL US Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL US Service		
...Halogenados alifáticos	mg/L									
.....Dalapon									0,2	
...Organoclorados	mg/L	0,001							0,0002	
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Funazone)										
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB) (1,2-Diclorobenceno) (1,2-DCB)	mg/L	1							0,6	
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB) (1,4-Diclorobenceno) (1,4-DCB)	mg/L	0,3							0,075	
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L	0,03	0,003						0,005	0,01
.....1-1-Dicloroetileno (1-1-Dicloroeteno)	mg/L								0,007	
.....cis-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,05							0,07	
.....trans-1,2-Dicloroetileno	mg/L								0,1	
.....1,2-Dicloropropano	mg/L	0,04							0,005	
.....Endrina	mg/L	0,0006							0,002	0,0001
.....Heptacloro	mg/L	0,0001	0,00003						0,0004	0,0001
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,0001	0,00003						0,0002	0,0001
.....Hexaclorobenceno	mg/L	0,00001							0,001	0,00001
.....Hexaclorociclopentadieno	mg/L								0,05	
.....Lindano	mg/L	0,002	0	0,6	0,6	0		0,2	0,0002	0,003
.....Metoxicloro	mg/L	0,02							0,04	30
.....Toxafeno	mg/L								0,003	
.....Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004							0,005	0,003
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)	mg/L	2							0,2	
.....1,1,2-Tricloroetano	mg/L								0,005	
.....Picloram	mg/L								0,5	

Cuadro 4.13: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro IV

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día			TB MED 577 >30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Tri- Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Tri- Service		
...Organofosforados	mg/L											
.....Glifosato											0,7	
...Triacinas	mg/L	0,002									0,003	
.....Atrazina	mg/L	0,002									0,004	
.....Simazina	mg/L	0,02+0,04	0,01									
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno	mg/L	0,04	0								0,005	10
.....Tetracloroeteno (Tetra- cloroetileno)	mg/L											
...Otros												
.....1,2-Dibromoetano (Di- bromuro de etileno (EDB))	mg/L	0,0004									0,00005	
.....Dinoseb	mg/L										0,007	
.....Endotal	mg/L										0,1	
PVC											0,4	
...Adipato de di-(2-etil- hexilo) (DEHA)	mg/L										0,002	
...Cloruro de vinilo (cloro- teno)	mg/L	0,0003	0,5									
...Di-(2-etil-hexilo) ftalato (DEHP)	mg/L	0,008									0,006	
Trihalometanos (THM)	mg/L	1	0,1								0,08	0
...Disustituido												
.....Diclorometano (cloruro de metileno)	mg/L	0,02									0,005	

Cuadro 4.14: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro V

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día				TB MED 577 >30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service			
E.- Guerra Química													
Agente nervioso	mg/L			0,005	0		0,005		0				
....Agente G													
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)	µg/L			0		12	0			4			
.....GB (Sarin) (Isopropyl-methylphosphonofluoridate)	µg/L			0		28	0			9,3			
.....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramido-cyanidate)	µg/L			0		140	0			46			
....Agente V													
.....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl) methylphosphonothioate)	µg/L			0		15	0			5			
Agente incapacitante	mg/L												
...Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)	µg/L			0,005	0	7	0,005		0	2,3			
Agente sanguíneo	mg/L												
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)	µg/L			0,005	0	6	0,005		0	2			
Agente vesicante	mg/L												
...Lewisita (2-chloroethenylchloroarsine)	mg/L			0,005	0	0,08	0,005		0	0,027			
...HD(Gas mostaza)(Bis-[2-Chloroethyl] sulfide)	mg/L			0,05	0	0,14	0,05		0	0,047			
Toxinas	mg/L			0,005	0		0,005		0				
...Micotoxina T-2	mg/L			0	0	0,026	0		0	0,0087			

Cuadro 4.15: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro VI

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día			15 l/día			TB MED 577 >30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Tri-Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL		
F.- Radiactividad											
Actividad bruta de partículas alfa	Bq/L		0,1								
Elementos radiológicos	μCi/L			2,2	5000 Bq/L	0,1	0,06		2000 Bq/L	0,05	
...Radio 226 y Radio 228 (combinados)	pCi/L										
...Tritio	Bq/L		100							5	
Emisores de partículas beta y de fotones	Bq/L		1							0.27 ?Ci/L 4 mrem/yr	

Cuadro 4.16: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante largo plazo >7 días. Cuadro VII

4.2.1.3. Objetivo 1.c.-¿Cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada?

4.2.1.3.1. Legislación Civil Nacional

4.2.1.3.1.1. Autor: España (30). Dependiendo del origen o el tratamiento realizado, este Real Decreto diferencia las bebidas envasadas en:

- Aguas minerales naturales¹³.
- Aguas de manantial¹⁴.
- Aguas preparadas¹⁵.
  - Potables preparadas¹⁶.
  - De abastecimiento público preparadas¹⁷.
- Aguas de consumo público envasadas¹⁸.

Define los parámetros y valores paramétricos que establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Dichos parámetro vienen clasificados en: microbiológicos, químicos y relacionados con la radiactividad. Persigue la uniformidad de criterios y exigencias aplicable a las aguas potables de consumo público y a las de aguas de bebida envasadas. Todo ello adaptado a las Directivas comunitarias, en particular, a la Directiva 98/83/CE. La diferencia de criterios y la independencia la argumenta dada las particularidades de cada uno de los tipos de agua.

---

¹³Aquellas bacteriológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados.

¹⁴Son las potables de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo.

¹⁵Son las sometidas a los tratamientos autorizados fisicoquímicos necesarios para que reúnan las características establecidas en el anexo I del Real Decreto 1744/2003.

¹⁶Cuando procedan de manantial o captación y hayan sido sometidas a tratamiento para que sean potables, perdiendo así, si la tuviesen, la calificación de agua de manantial o agua mineral natural y pasando a denominarse aguas potables preparadas, no pudiendo optar de nuevo a la calificación de agua de manantial o agua mineral natural.

¹⁷En el supuesto de tener dicha procedencia.

¹⁸Son aquellas aguas potables de consumo público, envasadas coyunturalmente para distribución domiciliaria, con el único objeto de suplir ausencias o insuficiencias accidentales de las aguas de consumo público distribuidas por la red general. Deberán reunir las características señaladas en el anexo I del Real Decreto 1744/2003.

4.2.1.3.1.2. Autor: Unión Europea (12). La Unión Europea en el Anexo A de su Directiva 98/83/CE añade al conjunto de requisitos los específicos microbiológicos que deben cumplir las aguas embotelladas.

4.2.1.3.2. Legislación Civil Internacional

4.2.1.3.2.1. Autor: Estados Unidos (83). La Administración de Drogas y Alimentos (FDA) y la Agencia de Protección Medioambiental (EPA) son las responsables de controlar la seguridad del agua potable. La EPA regula el agua potable de la red pública (agua corriente), mientras que la FDA regula el agua potable envasada. (84)

La FDA ha establecido un catálogo de buenas prácticas para los productores de agua embotellada. Entre ellas destacan:(84)

- Procesen, envasen, mantengan y transporten el agua en condiciones sanitarias.
- Protejan las fuentes de obtención de agua contra bacterias, productos químicos y otros agentes contaminantes.
- Cumplan procesos de control de calidad para garantizar la seguridad bacteriológica y química del agua.
- Tomen muestras y sometan a pruebas tanto el agua en sus fuentes de obtención como el producto final, para detectar contaminantes.

La FDA regula los requisitos mínimos de calidad del agua embotellada mediante el Título 21 del Código de Regulaciones Federales (21CFR) en su artículo § 165.11 (83). En este artículo define el agua embotellada como el agua que se destina al consumo humano y que se sella en botellas u otros recipientes, sin ingredientes añadidos, aunque puede contener opcionalmente agentes antimicrobianos inocuos e idóneos. Destaca especialmente la adición de flúor como desinfectante.

4.2.1.3.2.2. Autor: Rusia(20). La legislación de Rusia para el agua envasada tiene en cuenta las normas nacionales y las especificaciones técnicas y tecnológicas.

No permite el uso de cloro para el tratamiento de agua potable que va a ser envasada. El método preferido de desinfección es la ozonización y la exposición a UV.

Establecen dos categorías dependiendo de la calidad reflejada en el cuadro de la página 671:

1. Categoría Primera: Cumple los requisitos mínimos organolépticos siendo segura para la salud humana. Está asegurada su estabilidad a lo largo del tiempo.
2. Categoría Máxima: Agua igualmente segura para la salud humana con la óptima calidad cumpliendo todos los requerimientos de la norma. Suele proceder de aguas subterráneas (manantiales y artesianas).

Establece cuatro categorías de parámetros: estéticos, químicos, radiológicos y microbiológicos.

4.2.1.3.2.3. Autor: India (47, 48). La legislación de India diferencia el agua embotellada según sea mineral (IS 13428) o no (IS 14543).

4.2.1.3.3. Legislación Militar Internacional

4.2.1.3.3.1. Autor: Ejército de Tierra de los Estados Unidos de América, TB MED 577 (87). El agua embotellada está regulada por los requisitos a largo plazo (más de 30 días) para la producción de la misma, aunque normalmente el personal desplegado en operaciones consume agua embotellada comercialmente.

4.2.1.3.3.2. Cuadro comparativo legislación civil y militar de agua envasada En el siguiente cuadro se pueden comparar las legislaciones sobre la calidad requerida por las aguas envasadas para que sean potables teniendo en cuenta que:

- Los valores paramétricos muestran la cantidad máxima permitida de ese parámetro.

Con objeto de identificar aquellas normas más restrictivas o más permisivas en relación a los valores de la Organización Mundial de la Salud se ha establecido un código de colores de la siguiente manera:

	Verde:	valor más restrictivo. Por lo tanto, a favor de la seguridad.
	Naranja:	valor que se ajusta al establecido por la OMS.
	Rojo:	valor más permisivo. Por lo tanto, riesgo de contaminación.

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Euro- pea	USA	Rusia	India	USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	14543 Otras	13428 Mineral natural	TB MED 577 (2010)
A.- Parámetros físicos									
Alcalinidad	mg HCO ₃ - /L		Acceptable 0				200	75 a 400	
Color	mg/L esca- la Pt/Co		Acceptable 0				2	2	
Conductividad	µScm-1 a 20°C		2500	2500					
Olor	25°C Índi- ce de dilu- ción		Acceptable 0			0	Agradable	Agradable	
Oxidabilidad (KMnO ₄)	mg/L O ₂		5	5		2			
pH mínimo			6,5	6,5		6,5	6,5	6,5	
pH máximo			9,5	9,5		8,5	8,5	8,5	
Sabor	25°C Índi- ce de dilu- ción		Acceptable 0			0	Agradable	Agradable	
Sólidos disueltos totales	mg/L				500		500	150 a 700	
Turbidez	NTU		Acceptable 0			1	2	2	
B- Parámetros químicos inorgánicos									
Aluminio	mg/L Al	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,03	-	
Amonio	mg/L NH ₄	0,5	0,05	0,05	0,1	0,05			
Antimonio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,05
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,006	0,05	0,05	0
Bario	mg/L Ba	0,7	0,7	0,7	0,7	0,1	1	1	0
Berilio	mg/L				0,004	0,0002			0
Boro	mg/L	1	1	1	0,5	0,3	5	5	
Bromato	mg/L	0,01	0,01	0,01					
Bromuro (iones)	mg/L				0,2	0,1			
Cadmio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,01	0,003	0,005
Calcio	mg/L Ca				5	3	75	100	
Cinc	mg/L					5	5	5	

Cuadro 4.17: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro I

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Euro- pea	USA	Rusia		India		USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	Cat. máxima	14543 Otras	13428 Mineral natural	TB MED 577 (2010)	
Cloro libre residual	mg/L	5				0,05	0,05	0,2	-		
...Cloro combinado residual	mg/L		250		250	0,1	0,1				
...Cloruros	mg/L					250	150	200	200		
Cobalto	mg/L					0,1	0,1				
Cobre	mg/L	2	2	2	1	1	1	0,005	1		
Cromo (total)	mg/L	0,05	0,05	0,05				0,05	0,05		0,05
...Cromo (III)	mg/L	0,05		0,05				0,05	0,05		0,05
...Cromo (VI)	mg/L	0,05		0,05			0,03	0,05	0,05		0,05
Estroncio	mg/L					7	7				
Fluor (Fluoruro)	mg/L	1,5	1,5	1,5				1	1		1,5
Fosfato	mg/L					3,5	3,5				
Hierro	mg/L		0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	-		
Litio	mg/L					0,03	0,03	30	50		
Magnesio	mg/L										
Manganeso	mg/L	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	2		
Mercurio (inorgánico)	mg/L	0,006	0,001	0,001	0,002	0,0005	0,0002	0,001	0,001		0,001
Molibdeno	mg/L	0,07				0,07	0,07				
Níquel	mg/L	0,07	0,02	0,02	0,1	0,02	0,02	0,02	0,02		0
Nitrato (medido como nitró- geno)	mg/L NO3	50	0,05	50	10	20	5	45	50		10
Nitrato (medido como nitró- geno)	mg/L NO2	3	0,0005	0,5	1	0,5	0,005	0,02	0,02		0
Ozono	mg/L					0,1	0,1				
Plata	mg/L				0,1	0,025	0,025	0,01	0,01		0
Plomo	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,01		0,05
Selenio	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,05		0,01
Silicatos	mg/L					10	10				
Sodio	mg/L Na		200	200		200	20	200	150		
Sulfato	mg/L SO4	500	250	250	250	250	150	200	200		
Sulfuro de hidrógeno	mg/L					0,003	0,003	0,05	0,05		
Talio	mg/L				0,002						

Cuadro 4.18: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro II

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Euro- pea	USA	Rusia		India	USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	Cat. máxima Otras	13428 Mineral natural	TB MED 577 (2010)	
C.- Parámetros microbiológicos										
Virus	Pfu/mL					0	0		TT	
...Colifagos						0	0			
Bacterias						20	20	0		
...Recuentos de colonias a 22°C	UFC/1mL		100			100	0	0		
...Recuentos de colonias a 37°C	250mL		20			0	0	0	0	
...Coliformes totales (incluyen- do los coliformes fecales y E. coli)	250mL		0							
.....Escherichia Coli	250mL		0	0			0	0	0	
...Clostridium perfringens (in- cluidas las esporas)	UFC/50mL		0				0	0		
...Enterococo	250mL		0	0						
...Streptococos fecales	250mL						0	0		
...Salmonella and Shigella	UFC/250mL						0	0		
...Pseudomonas aeruginosa										
...Vibrio cholera and V. para- haemolyticus	UFC/250mL		0	0		0	0	0		
Protozoos										
...Cryptosporidium parvum						0	0		TT	
...Giardia Lamblia						0	0		TT	
...Helminfos						0	0			
Levaduras y hongos	UFC/250mL						0	0		

Cuadro 4.19: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro III

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Europea	USA	Rusia	India	USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	14543 Otras	TB MED 577 (2010)	
						Cat. máxima	13428 Mineral natural		
D.- Parámetros químicos orgánicos									
Aceite mineral	mg/L	0,0005	0,0001	0,0001	0,1	0,00000003	Ausencia	0,005	
Acetilamida	mg/L	0,01	0,001	0,001	0,1	0,00000003	Ausencia	0,1	
Benceno	mg/L				0,1	0,00000003	Ausencia	0,00000003	
...Clorobenceno	mg/L				0,1	0,00000003	Ausencia	0,1	
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	mg/L	0,02			0,1	0,00000003	Ausencia	0,1	
...Estireno (vinil benceno)	mg/L	0,3			1	0,07	Ausencia	0,7	
...Etilbenceno	mg/L	0,7			1	0,07	Ausencia	1	
...Tolueno	mg/L				0,07	10	Ausencia	0,07	
...1,2,4-Triclorobenceno	mg/L				10	10	Ausencia	10	
...Xileno (Dimetilbenceno)(total)	mg/L	0,5			10	10	Ausencia	10	
Carbono orgánico total	mg/L C			0		5	Ausencia		
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,07	0,05	0,05	0,2	0,035	Ausencia	20	0,1
Epiclorhidrina (ECH)	mg/L	0,0004	0,0001	0,0001	0,035	0,035	Ausencia		
Hidrocarburos Policíclicos	mg/L	0,0007	0,1	0,0001			No detectable		
Aromáticos (HPA)	mg/L						No detectable		
...Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,00001	0,00001	0,0002	0,000005	0,5	0,0002	0,00001
Plaguicidas (Total)	µg/L		0,5	0,5			0,1		
Plaguicida individual	µg/L		0,1						
...Aminas cuaternarias	mg/L				0,02			0,02	
.....Diquat	mg/L								
.....Anilinas	mg/L								
.....Alaclor	mg/L				0,002		-	0,002	
.....Butacloro	mg/L	0,02					-		
...Carbamatos (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd								
.....Carbofurano	mg/L	0,007			0,04			0,04	
.....Oxamil (Vidato)	mg/L				0,2			0,2	

Cuadro 4.20: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro IV

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Euro- pea	USA	Rusia	India	USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	14543 Otras	TB MED 577 (2010)	
...Fenoxi ácidos	mg/L	0,03			0,001	0,001	Ausencia	0,07	0,1
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	mg/L	0,009			0,001		-	0,001	0,01
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L				0,0005		No de- tectable	0,0005	
.....Policlorados bifenilos (PCB)	mg/L	0,009			0,05		No de- tectable	0,05	
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)	mg/L								
...Halogenados alifáticos	mg/L				0,2			0,2	
.....Dalapon									
...Organoclorados									
.....Aldrina	µg/L	0,03		0,1			-		0,03
.....Clordano	mg/L Cl	0,0002		250	0,002			0,002	0,0003
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)	mg/L	0,001			0,0002			0,0002	
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB) (1,2-Diclorobenceno)	mg/L	1						0,6	
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB) (1,4-Diclorobenceno)	mg/L	0,3						0,075	
.....1,4-DCB	mg/L	0,03	0,003	0,003	0,005			0,005	0,01
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L				0,007			0,007	
.....1-1-Dicloroetileno (1-1-Dicloroeteno)	mg/L	0,05			0,07			0,07	
.....cis-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,04			0,1			0,1	
.....trans-1,2-Dicloroetileno	mg/L								
.....1,2-Dicloropropano	µg/L	0,03		0,1	0,005			0,005	
.....Dieldrina	mg/L	0,001							
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano (DDT)	mg/L			0,1		0,0005	-		0,03
						0,0005	-		0,001

Cuadro 4.21: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro V

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Europea	USA	Rusia		India	USA		ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	Cat. máxima	14543 Otras	13428 Mineral natural	TB MED 577 (2010)	
.....Endosulfán	mg/L	0,0006			0,002	0,00005	0,00005	-	-	0,002	0,0001
.....Endrina	mg/L	0,0001		0,00003	0,0004	0,00005	0,00005			0,0004	0,0001
.....Heptacloro	mg/L	0,0001		0,00003	0,0002	0,0002	0,0002			0,0002	0,0001
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,00001			0,001	0,0002	0,0002			0,001	0,00001
.....Hexaclorobenceno	mg/L				0,05					0,05	
.....Hexaclorociclopentadieno	mg/L	0,002			0,0002	0,0005	0,0002	-	-	0,0002	0,003
.....Lindano	mg/L	0,02			0,04					0,04	30
.....Metoxicloro	mg/L										
.....Metil Paratión	mg/L				0,003			-	-	0,003	
.....Toxafeno	mg/L	0,004				0,002				0,005	0,003
.....Tetracloruro de carbono	mg/L	2			0,2					0,2	
.....1,1,1-Tricloroetano (metil-cloroformo)	mg/L				0,005					0,005	
.....1,1,1,2-Tricloroetano	mg/L				0,5					0,5	
.....Picloram	mg/L				0,7						
...Organofosforados	mg/L	0,03						-	-		
.....Clorpirifos	mg/L							-	-		
.....Glifosato	mg/L							-	-		
.....Forato	mg/L							-	-		
.....Malatión	mg/L							-	-		
...Triacinas	mg/L										
.....Atrazina	mg/L	0,002			0,003	0,0002	0,0002	-	-	0,003	
.....Simazina	mg/L	0,002			0,004	0,0002	0,0002			0,004	
...Ureas	mg/L	0,009						-	-		
.....3 - (4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea (Isoproturón)	mg/L										
...Tricloroetano+Tetracloroetano	mg/L	0,02+0,04	0,01	0,01							
.....Tricloroetano (Tricloroetileno (TCE))	mg/L	0,02	0,01	0,01	0,005						
.....Tetracloroetano (Tetracloroetileno; PCE)	mg/L	0,04	0,01	0,01	0,005					0,005	10

Cuadro 4.22: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro VI

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Europea	USA	Rusia		India	USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	Cat. máxima	14543 Otras	13428 Mineral natural	TB MED 577 (2010)
...Otros										
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	mg/L	0,0004			0,00005				0,00005	
.....Dinoseb	mg/L				0,007				0,007	
.....Endotal	mg/L				0,1				0,1	
PVC										
...Adipato de di-(2-etil-hexilo) (DEHA)	mg/L								0,4	
...Cloruro de vinilo (cloroteno)	mg/L	0,0003	0,0005	0,0005	0,002				0,002	
...Di-(2-etil-hexilo) ftalato (DEHP)	mg/L	0,008				0,006	0,0001		0,006	
Sustancias tensoactivas	mg/L									
...Aniónicas	mg/L									
Trihalometanos totales (THM)	mg/L	1	0,1			0,5	0,1	0,2	No detectable	0
...Disustituido	mg/L	0,02			0,005				0,005	
.....Diclorometano (cloruro de metileno)	mg/L									
...Trisustituido	mg/L	0,06								
.....Bromodiclorometano	mg/L	0,1				0,01	0,001			
.....Bromoformo	mg/L	0,3				0,02	0,001			
.....Cloroformo	mg/L, residuo seco			0,1		0,06	0,001			
.....Dibromoclorometano	mg/L	0,1				0,01	0,001			0,03

Cuadro 4.23: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro VII

Parámetro	unidad	WHO	España	Unión Euro- pea	USA	Rusia		India	USA	ACNUR
			RD 1074			Cat. Primera	Cat. máxima	14543 Otras	TB MED 577 (2010)	
F.- Radiactividad										
Actividad bruta de partículas alfa	Bq/L					0,1	0,1	0,1	15 pCi/L	
Dosimetrica total	mSv/año									
Elementos radiológicos	µCi/L		0,1	0,1					5	
...Radio 226 y Radio 228 (com- binados)	pCi/L									
...Tritio	Bq/L		100	100					0,27 µCi/L	
...Uranio	mg/L								0,03	
Emisores de partículas beta y de fotones	Bq/L	0.015				1	1	1	4 mrem/yr	

Cuadro 4.24: Comparativa legislación civil y militar de agua envasada. Cuadro VIII

4.2.1.4. Objetivo 1.d.-¿Cuáles son los límites de los parámetros para el agua destinada para el consumo humano en caso de emergencia?

Los límites de los parámetros para el agua destinada para el consumo humano en caso de emergencia viene determinado por la legislación militar reflejada en el objetivo 1.b para la que se establece un consumo de agua inferior a un periodo de tiempo de 7 días. El cuadro comparativo de las distintas normas es el siguiente:

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día				TB MED 577 <30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Service			
A.- Parámetros físicos													
Color	mg/L escala Pt/Co		15	50	50	50	0	50	50	50	15		
Conductividad	μS cm-1 a 20°C		2500	1500					1500				
Olor	25°C Índice de dilución		3	Acceptable (3)	3	3	0	3	Acceptable	3	Acceptable		
pH mínimo		6,5	6,5	5	5	5	5	5	5	5	5		
pH máximo		8,5	9,5	9	9	9	9,2	9	9	9	9		
Sabor	25°C Índice de dilución		3	Acceptable					Acceptable				
Sólidos disueltos totales	mg/L			1000	1000	1000	1500	1000		1000	1000		
Temperatura mínima	°C			4	4	4	4	4		4	15		
Temperatura máxima	°C			35	35	35	35	35		35	22		
Turbidez	NTU	5	1	1	1	1	5	1	1	1	1		
B.- Parámetros químicos inorgánicos													
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,3	0,03	0,3	2	0,0001	0,1	0,1	0,00002	0,05	
Cadmio	mg/L	0,003	0,005									0,005	
Cloro libre residual	mg/L	5	1										
...Cloruros	mg/L			600	600	600	0	600	600	600	600		
Magnesio	mg/L			100	100			30	30	30	30		
Manganeso	mg/L	0,4	0,05	100	100	100	0			30			
Mercurio (inorgánico)	mg/L	0,006	0,001	0,003					0,001			0,001	
Sulfato	mg/L SO ₄	500	250	300	300	300	0	100	100	100	250		
C.- Parámetros microbiológicos													
Virus				1			1						
Bacterias			0	1	0	1	1	0		1	0		
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	UFC/100mL (250mL embotellada)												
.....Escherichia Coli	UFC/100mL (250mL embotellada)		0	0				0			0		
Protozoos													
...Esporas/quiste				1			1						

Cuadro 4.25: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante corto plazo >7 días. Cuadro I

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día				TB MED 577 <30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Service			
D.- Parámetros químicos orgánicos													
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,07	0,05	6	0,006	6	20	0,002	2	2	0,002	0,1	
Epíclorhidrina (ECH)	mg/L	0,0004	0,0001										
Hidrocarburos Policíclicos	mg/L	0,0007	0,0001										
Aromáticos (HPA)													
...Benzo(α)pireno	mg/L	0,0007	0,00001										
Plaguicidas (Total)	µg/L		0,5									0,00001	
Plaguicida individual	µg/L		0,1										
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd			Tbd					Tbd				
...Organoclorados													
.....Lindano	mg/L	0,002		0,45	0,6	0,6	0	0,2	0,15	0,2		0,003	
E.- Guerra Química													
Agente nervioso	mg/L												
....Agente G													
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)	µg/L			0	0,012	12	0	0,004		4			
.....GB (Sarin) (Isopropyl-methylphosphonofluoridate)	µg/L			0		28	0			9,3			
.....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramido-cyanidate)	µg/L			0		140	0			46			
....Agente V													
.....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl) methylphosphonothioate)	µg/L			0		15	0			5			
Agente incapacitante	mg/L												
....Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)	µg/L			0,012	0,012	7	0	0,004	0,004	2,3	2,3		
Agente sanguíneo	mg/L			0,012	0,012								
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)	µg/L			0		6	0	0,004	0,004	2	2		

Cuadro 4.26: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante corto plazo >7 días. Cuadro II

Parámetro	Ud.	OMS	España	5 l/día				15 l/día				TB MED 577 <30 días	ACNUR
				STANAG 2136	FINABEL	US Tri- Service	QSTAG 245	STANAG 2136	FINABEL	US Tri- Service			
Agente vesicante	mg/L			0,012	0,012	0,08	0,02	0,004	0,004	0,027	0,027	0,027	
...Lewisita	mg/L			0,08	0,08	0,08	0	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	
chloroethenyldichloroarsine)	mg/L			0,14	0,14	0,14	0,2	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	
...HD(Gas mostaza)(Bis- [2- Chloroethyl] sulfide)	mg/L			0,012	0,012	0,026	0,02	0,004	0,004	0,0087	0,0087	0,0087	
Toxinas	mg/L			0,012	0,012	0,026	0	0,0087	0,0087	0,0087	0,0087	0,0087	
...Micotoxina T-2	mg/L			0,026	0,026	0,026	0	0,0087	0,0087	0,0087	0,0087	0,0087	
F.- Radiactividad													
Actividad bruta de partículas	Bq/L		0,1	28500								0,05 μCi/L	
alfa													
Elementos radiológicos	μCi/L			0	300000 Bq/L	8	0	100000 Bq/L	0	3			
Emisores de partículas beta y de fotones	Bq/L		1	255000					85000			0,05 μCi/L	
Gamma	Bq/L			300000					100000				

Cuadro 4.27: Cuadro comparativo legislación militar. Abastecimiento en campaña y emergencias. Suministro durante corto plazo >7 días. Cuadro III

Cuadro 4.29: Fuentes de contaminación de parámetros químicos inorgánicos

Parámetro		Degradación yacimientos naturales		Degradación red abastecimiento		Aguas residuales		Escorrentía urbana		x	efuentes de industria		efuentes de actividades agrícolas - plaguicida		Actividad microbiana		Metabolismo animal		Aditivo para mejora salud		x	Productos tratamientos de aguas		Subproducto de la desinfección		Actividad beligerante			x	OMS (66)		x	EPA (26)		x	EPA PRIMARIO (86)			Ejército de Tierra (17)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Fin del cuadro																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Cuadro 4.30: Fuentes de contaminación de parámetros microbiológicos

Parámetro	Agua superficial	Aerosoles, torres de ventilación, duchas y spas	Aguas residuales	Excrecciones animales	Biofilm	Actividad beligerante	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	Ejército de Tierra (17)
Protozoos			x	x			x			
...Esporas/quiste			x	x						
...Cryptosporidium parvum			x				x	x		
...Giardia Lamblia	x		x	x				x	x	
...Acanthamoeba	x						x			
...Balantidium coli			x	x			x			
...Blastocystis			x	x			x			
...Cyclospora cayetaniensis			x				x			
...Entamoeba histolytica			x				x			
...Isospora belli			x				x			
...Microsporidia			x				x			
...Naegleria fowleri	x	x					x			
...Toxoplasma gondii			x	x			x			

4.2.1.5.5. Parámetros relacionados con la guerra química Las principales fuentes de contaminación de parámetros relacionados con la guerra química son actividades beligerantes (guerras, atentados, sabotajes, etc.).

Cuadro 4.32: Fuentes de contaminación de parámetros relacionados con la guerra química

Parámetro	Agua superficial	Actividad beligerante	OMS (66)	STANAG 2136 (64)	Ejército de Tierra (17)
E.- Guerra Química					
Agente nervioso					
...Agente G		X		X	
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)		X		X	
.....GB (Sarín) (Isopropylmethylphosphonofluoridate)		X		X	
.....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramidocyanidate)		X		X	
...Agente V					
.....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl) methylphosphonothioate)		X		X	
Agente incapacitante					
...Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)		X		X	
Agente sanguíneo					
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)		X		X	
Agente vesicante					
...Lewisita (2-chloroethenyldichloroarsine)		X		X	
...HD(Gas mostaza)(Bis- [2-Chloroethyl] sulfide)		X		X	
Toxinas					
...Microcistina	x	X	x	X	
...Micotoxina T-2		X		X	
...Toxina Butulínica		x			x
...Toxina Cl perfringens		x			x
...Enterotoxina estafilocócica B		x			x
Continúa ...					

Cuadro 4.32: Fuentes de contaminación de parámetros relacionados con la guerra química

Parámetro	Agua superficial	Actividad beligerante	OMS (66)	STANAG 2136 (64)	Ejército de Tierra (17)
...Tricotecenos		x			x
...Saxitoxina		x			x
...Tetrodotoxina		x			x
Fin del cuadro					

4.2.2. Objetivo 2.-¿Se conoce la influencia de los contaminantes sobre la salud humana?

4.2.2.0.1. Efectos sobre la salud de los parámetros físicos Los parámetros físicos están relacionados con aspectos estéticos que afectan a la salud humana al producir rechazo en su consumo, lo que implica una posible deshidratación por disminución de la palatividad.

Parámetro	Deshidrat. (∇ palatividad)	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	EPA SECUNDARIO (88)	STANAG 2136 (64)
A.- Parámetros físicos						
Color	x				x	x
Conductividad	x					x
Olor	x					x
pH	x	x			x	x
Sabor	x					
Sólidos disueltos totales	x				x	
Turbidez (Nephelometric Turbidity Unit NTU)	x		x	x		x

Cuadro 4.34: Efectos sobre la salud. Parámetros físicos

4.2.2.0.2. Efectos sobre la salud de los parámetros químicos inorgánicos

Los parámetros químicos inorgánicos provocan principalmente lesiones renales, en el sistema nervioso central y en el cardiovascular, anemia e hipertensión.

Parámetro	Deshidrat. (Δ palatividad)	Entumecimiento extremidades	Irritación ojos	Lesiones sistema cardiovascular	Trastornos circulatorios	Colesterolemia	Hipoglucemia	Anemia	Hipertensión	Decoloración pelo	Caída de pelo	Decoloración de la piel	Lesiones en la piel	Dermatitis alérgica	Neuropatía periférica	Dolor abdominal	Enfermedad gastrointestinal	Dificultad respiratoria	Irritación nariz	Lesiones función tiroidea	Lesiones renales	Lesiones hepáticas	Lesiones sistema nervioso central	Indicios de provocar Alzheimer	Lesiones intestinales	Diarrea	Lesiones sistema reproductor masculino	Lesiones sist. reproductor fem. - embarazo	Lesiones óseas	Lesiones dentales	Síndrome del bebé cianótico	Cáncer	Cáncer de piel	Cáncer de vejiga	Cáncer de pulmón	Polipo intestinal benigno	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	EPA SECUNDARIO (88)	STANAG 2136 (64)	Ejército de Tierra (17)
B- Parámetros químicos inorgánicos																																										
Aluminio	x																																									
Antimonio	x																																									
Arsénico																																										
Asbestos(fibras > 10 micrómetros)																																										
Bario																																										
Berilio																																										
Boro																																										
Bromato																																										
Cadmio																																										
Cinc																																										
Cloro libre residual																																										
...Cloruros																																										
...Cloraminas (como Cl2)																																										
Dicloraminas y tricloraminas																																										
...Dióxido de Cloro (como ClO2)																																										
...Clorito																																										
...Clorato																																										
Cobre																																										
Cromo (total)																																										
...Cromo (VI)																																										
Flúor																																										
...Fluoruro																																										
Hierro																																										
Magnesio																																										
Manganeso																																										
Mercurio (inorgánico)																																										
Nitrato (medido como nitrógeno)																																										

Cuadro 4.35: Efectos sobre la salud. Parámetros químicos inorgánicos. (I)

4.2.2.0.3. Efectos sobre la salud de los parámetros microbiológicos Los parámetros microbiológicos provocan principalmente diarrea, enfermedades gastro-intestinales, dolores de cabeza, fiebre, pérdida de peso, náuseas y neumonía.

Parámetro	Deshidrat. (Δ palatividad)	Calambres	Dolores de cabeza	Dolor muscular	Fiebre	Malestar general	Queratoconjuntivitis	Decoloración de la piel	Icteria	Lesiones en la piel	Erupción cutánea	Dolor abdominal	Malestar abdominal	Enfermedad gastrointestinal	Enfermedades intestinales graves	Lesiones sistema respiratorio	Enfermedad respiratoria	Infección	Neumonía	Pérdida de peso	Enfermedades tracto urinario	Canglions linfáticos	Lesiones renales	Lesiones hepáticas	Lesiones sistema nervioso central	Lesiones intestinales	Náuseas	Diarrea	Vómitos	Cáncer sistema gástrico	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)
C.- Parámetros micro-biológicos																																	
Virus																																	
...Enterovirus																																	
...Colifagos																																	
...Adenovirus																																	
...Astrovirus																																	
...Calicivirus																																	
...Hepatitis A virus																																	
...Hepatitis E virus																																	
...Rotavirus																																	
Bacterias																																	
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)																																	
...Escherichia Coli																																	
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)																																	
...Legionella																																	
...Salmonella																																	
...Shigella																																	
...Pseudomonas aeruginosa																																	
...Vibrio cholera and V. parahaemolyticus																																	
...Acinetobacter																																	
...Bacillus																																	
...Burkholderia pseudomallei																																	
...Campylobacter																																	
...Enterobacter sakazakii																																	
...Helicobacter pylori																																	
...Klebsiella																																	
...Leptospira																																	

Cuadro 4.37: Efectos sobre la salud. Parámetros microbiológicos. (I)

[illegible]

Cuadro 4.38: Efectos sobre la salud. Parámetros microbiológicos. (II)

4.2.2.0.4. Efectos sobre la salud de los parámetros químicos orgánicos

Los parámetros químicos orgánicos provocan principalmente lesiones hepáticas y renales y pueden llegar a provocar cáncer.

Parámetro	Deshidrat. (▽ palatividad)	Calambres	Dolores de cabeza	Dolor muscular	Malestar general	Trastornos oculares	Cataratas	Lesiones sistema cardiovascular	Taquicardias	Disminución de plaquetas en sangre	Anemia	Decoloración de la piel	Enfermedad gastrointestinal	Lesiones sistema respiratorio	Pérdida de peso	Lesiones en sistema endocrino	Lesiones glándula timo	Lesiones función tiroidea	Lesiones renales	Lesiones hepáticas	Trastornos esplénicos (bazo)	Lesiones sistema nervioso central	Inhibición de la colinesterasa	Náuseas	Diarrea	Vómitos	Lesiones sistema reproductor masculino	Lesiones sist. reproductor fem. - embarazo	Cáncer	Cáncer de piel	Cáncer sistema gástrico	Cáncer hepático	Cáncer pancreático	Leucemia	Linfoma	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	EPA SECUNDARIO (88)	STANAG 2136 (64)							
D.- Parámetros químicos orgánicos																																															
Acetonitrilos halogenados (dicloroacetonitrilo, dibromoacetonitrilo, bromocloroacetonitrilo, tricloroacetonitrilo)																																															
Ácidos haloacéticos (HAA5)																																															
Acilamida																																															
Benceno																																															
... Clorobenceno																																															
... Dioxina (2,3,7,8-TCDD)																																															
... Estireno (vinil benceno)																																															
... Etilbenceno																																															
... Tolueno																																															
... 1,2,4-Triclorobenceno																																															
... Xileno (Dimetilbenceno) (total)																																															
Cianuro (como cianuro libre)																																															
Formaldehído (en agua como derivado del tratamiento con ozono) (metanal)																																															
Epiclorhidrina (ECH)																																															
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)																																															
... Benzo(α)pireno																																															
Plaguicida individual																																															
... Aminas cuaternarias																																															
... Diquat																																															
... Anilinas																																															
... Alaclor																																															

Cuadro 4.39: Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (I)

Parámetro	Deshidrat. (Δ palatividad)	Calambres	Dolores de cabeza	Dolor muscular	Malestar general	Trastornos oculares	Cataratas	Lesiones sistema cardiovascular	Taquicárdias	Disminución de plaquetas en sangre	Anemia	Decoloración de la piel	Enfermedad gastrointestinal	Lesiones sistema respiratorio	Pérdida de peso	Lesiones en sistema endocrino	Lesiones glándula timo	Lesiones función tiroidea	Lesiones renales	Lesiones hepáticas	Trastornos esplénicos (bazo)	Lesiones sistema nervioso central	Inhibición de la colinesterasa	Nauseas	Diarrea	Vómitos	Lesiones sistema reproductor masculino	Lesiones sist. reproductor fem. - embarazo	Cáncer	Cáncer de piel	Cáncer sistema gástrico	Cáncer hepático	Cáncer pancreático	Leucemia	Linfoma	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	EPA SECUNDARIO (88)	STANAG 2136 (64)										
.....Metolador																																																		
.....Pendimetalina																																																		
.....Trifluralina																																																		
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)																																																		
.....Aldicarbón																																																		
.....Carbofurano																																																		
.....Oxamil (Vidato)																																																		
...Fenoxi ácidos																																																		
.....2-clorofenol																																																		
.....2,4-diclorofenol																																																		
.....2,4,6-triclorofenol																																																		
.....Dichloroprop (2,4-DP)																																																		
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)																																																		
.....Ácido 4-(2,4-diclorofenoxi)butírico																																																		
Dichlorofenoxi)butírico (2,4-DB)																																																		
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)																																																		
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCP)																																																		
.....Pentachlorofenol (PCP)																																																		
.....Policlorados bifenilos (PCB)																																																		
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)																																																		
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)																																																		

Cuadro 4.40: Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (II)

Parámetro	Deshidrat. (Δ palatividad)	Calambres	Dolores de cabeza	Dolor muscular	Malestar general	Trastornos oculares	Cataratas	Lesiones sistema cardiovascular	Taquicardias	Disminución de plaquetas en sangre	Anemia	Decoloración de la piel	Enfermedad gastrointestinal	Lesiones sistema respiratorio	Pérdida de peso	Lesiones en sistema endocrino	Lesiones glándula timo	Lesiones función tiroidea	Lesiones renales	Lesiones hepáticas	Trastornos esplénicos (bazo)	Lesiones sistema nervioso central	Inhibición de la colinesterasa	Náuseas	Diarrea	Vómitos	Lesiones sistema reproductor masculino	Lesiones sist. reproductor fem. - embarazo	Cáncer	Cáncer de piel	Cáncer sistema gástrico	Cáncer hepático	Cáncer pancreático	Leucemia	Linfoma	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	EPA SECUNDARIO (88)	STANAG 2136 (64)				
...Halogenados alifáticos																																												
.....Dalapon																																												
...Organoclorados																																												
.....Aldrina																																												
.....Clordano																																												
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP)																																												
(Fumazone)																																												
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB)																																												
Diclorobenceno) (1,2-DCB)																																												
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB)																																												
Diclorobenceno) (1,4-DCB)																																												
.....1,1-Dicloroetano																																												
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)																																												
.....1-1-Dicloroetileno (1-1-Dicloroeteno)																																												
.....cis-1,2-Dicloroetileno																																												
.....trans-1,2-Dicloroetileno																																												
.....1,2-Dicloropropano																																												
.....Dieldrina																																												
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)																																												
.....Endosulfan																																												
.....Endrina																																												
.....Heptacloro																																												
.....Heptacloro epoxídico																																												
.....Hexaclorobenceno																																												
.....Hexaclorociclopentadieno																																												
.....Lindano																																												
.....Metoxicloro																																												

Cuadro 4.41: Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (III)

Parámetro	Deshidrat. (Δ palatividad)	Calambres	Dolores de cabeza	Dolor muscular	Malestar general	Trastornos oculares	Cataratas	Lesiones sistema cardiovascular	Taquicárrdias	Disminución de plaquetas en sangre	Anemia	Decoloración de la piel	Enfermedad gastrointestinal	Lesiones sistema respiratorio	Pérdida de peso	Lesiones en sistema endocrino	Lesiones glándula timo	Lesiones función tiroidea	Lesiones renales	Lesiones hepáticas	Trastornos esplénicos (bazo)	Lesiones sistema nervioso central	Inhibición de la colinesterasa	Náuseas	Diarrea	Vómitos	Lesiones sistema reproductor masculino	Lesiones sist. reproductor fem. - embarazo	Cáncer	Cáncer de piel	Cáncer sistema gástrico	Cáncer hepático	Cáncer pancreático	Leucemia	Linfoma	OMS (66)	EPA (26)	EPA PRIMARIO (86)	EPA SECUNDARIO (88)	STANAG 2136 (64)				
.....Metil Paratión																																												
.....Toxafeno																																												
.....Tetracloruro de carbono																																												
.....1,1,1-Tricloroetano																																												
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)																																												
.....1,1,2-Tricloroetano																																												
.....Picloram																																												
.....Organofosforados																																												
.....Clorpirifos																																												
.....Dimetoato																																												
.....Glifosato																																												
.....Quelatos																																												
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)																																												
.....Triacinas																																												
.....Atrazina																																												
.....Simazina																																												
.....Ureas																																												
.....3 - (4-isopropylphenyl) - 1,1-dimethylurea (isoproturón)																																												
.....Tricloroetano + Tetracloroetano																																												
.....Tricloroetano (Tricloroetileno (TCE))																																												
.....Tetracloroetano (Tetracloroetileno; PCE)																																												
.....Otros																																												
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))																																												
.....1,3-Dicloropropeno																																												
.....Dinoseb																																												
.....Endotal																																												

Cuadro 4.42: Efectos sobre la salud. Parámetros químicos orgánicos. (IV)

4.2.2.0.5. Efectos sobre la salud de los parámetros relacionados con la guerra química Los parámetros relacionados con la guerra química provocan principalmente dificultad respiratoria, lesiones en el sistema nervioso central, convulsiones, espasmos musculares, dolores de cabeza, calambres, salivación excesiva, lesiones oculares, miosis, náuseas y vómitos.

Parámetro	Calambres	Dolores de cabeza	Dolor muscular	Espasmos musculares	Convulsiones	Entumecimiento extremidades	Salivación excesiva	Pérdida de apetito	Sed intensa	Debilidad	Fiebre	Hipotermia	Malestar general	Lesión ocular	Irritación ojos	Miosis (pupilas contraídas)	Lesiones sistema cardiovascular	Taquicardias	Anemia	Hipotensión	Lesiones en la piel	Leucopenia	Dolor abdominal	Enfermedad gastrointestinal	Dificultad respiratoria	Enfermedad respiratoria	Lesiones función tiroidea	Lesiones hepáticas	Lesiones sistema nervioso central	Confusión mental	Lesiones intestinales	Náuseas	Diarrea	Vómitos	OMS (66)	STANAG 2136 (64)	Ejército de Tierra (17)
E.- Guerra Química																																					
Agente nervioso	x	x																																			
...Agente G	x	x																																			
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)	x	x																																			
.....GB (Sarin) (Isopropylmethylphosphonofluoridate)	x	x																																			
.....GA (Tabun)(Dimethylphosphoramidocyanide)	x	x																																			
...Agente V	x	x																																			
.....VX(O-ethyl S-(2-Disopropylaminoethyl) methylphosphonothioate)	x	x																																			
Agente incapacitante																																					
...Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)																																					
Agente sanguíneo																																					
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)																																					
Agente vesicante																																					
...Lewisita (2-chloroethyl dimethylphosphorothioate)																																					
...HD(Gas mostaza)(Bis-[2-Chloroethyl] sulfide)	x																																				
Toxinas																																					
...Microcistina																																					
...Microtoxina T-2																																					
...Toxina Butulínica																																					
...Toxina Cl perfringens																																					
...Enterotoxina estafilocócica B																																					
...Tricetecenos																																					
...Saxitoxina																																					
...Tetrodotoxina																																					

Cuadro 4.44: Efectos sobre la salud. Parámetros relacionados con la guerra química.

4.2.2.0.6. Efectos sobre la salud de los parámetros relacionados con la radiactividad. Los parámetros relacionados con la radiactividad provocan principalmente cáncer, náuseas, diarrea y vómitos.

STANAG 2136 (64)	x	x
EPA PRIMARIO (86)	x	x
EPA (26)	x	x
OMS (66)	x	x
Cáncer	x	x
Vómitos	x	x
Diarrea	x	x
Náuseas	x	x
Lesiones renales	x	
Parámetro	F.- Radiactividad Actividad bruta de partículas alfa Elementos radiológicos ..Radio 226 y Radio 228 (combinados) ..Uranio Emisores de partículas beta y de fotones Gamma	

Cuadro 4.45: Efectos sobre la salud. Parámetros relacionados con la radiactividad.

4.2.3. Objetivo 3.-¿Cuáles son los tratamientos que reducen esos contaminantes?

4.2.3.1. Objetivo 3.a.-¿Cuáles son los procesos de tratamiento tipo que permiten la transformación de las aguas superficiales en agua para la alimentación según la legislación?

4.2.3.1.1. Autor: Unión Europea (13). Define, en su anexo I, los métodos de tratamiento tipo que permiten la transformación de las aguas superficiales de las categorías A1, A2 y A3 en agua potable:

- Categoría A1: Tratamiento físico simple y desinfección, por ejemplo, filtración rápida y desinfección.
- Categoría A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección, por ejemplo, precloración, coagulación, floculación, decantación, filtración y desinfección (cloración final).

- Categoría A3: Tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección, por ejemplo, cloración hasta el «break point», coagulación, floculación, decantación, filtración, afino (carbón activo) y desinfección (ozono, cloración final).

4.2.3.2. **Objetivo 3.b.-¿Cuáles son los tipos de tratamientos existentes en la actualidad?**

Los tipos de tratamientos existentes en la actualidad son los reflejados en el capítulo 2.- Generalidades.

4.2.3.3. **Objetivo 3.c.-¿Sobre qué parámetros tienen influencia?**

A grandes rasgos, los parámetros sobre los que tienen influencia los diversos grupos de tratamientos son los siguientes:

- **Tratamientos fisicoquímicos:** se utilizan principalmente para eliminar parámetros químicos inorgánicos.
- **Barrido por aire:** se utilizan para eliminar parámetros químicos orgánicos de carácter volátil.
- **Filtración:** depende del tamaño de trama. El máximo rendimiento se obtiene por el tratamiento por ósmosis inversa sobre todos los grupos de parámetros.
- **Adsorción:** se utiliza principalmente para la eliminación de parámetros químicos orgánicos.
- **Corrección del pH:** mediante esta técnica se obtiene de forma derivada la eliminación de elementos químicos inorgánicos.
- **Desinfección:** actúa principalmente para la eliminación de parámetros microbiológicos y químicos orgánicos.

En el Objetivo 3.d se detallan los parámetros sobre los que tienen influencia cada uno de los tratamientos y el rendimiento que se puede esperar de ellos.

4.2.3.4. **Objetivo 3.d.-¿Qué rendimientos se pueden esperar de dichos tratamientos?**

Los siguientes rendimientos de eliminación de los parámetros y su concentración alcanzable se han obtenido de la WHO (66), la USEPA (26), la AWWA (4, 5)

y James E. Smith Jr (79).

4.2.3.4.1. Tratamientos fisicoquímicos

Cuadro 4.46: Rendimientos tratamientos fisicoquímicos

	Coagulación Floculación Decantación			Coagulación	
Parámetro	RDTO (%)	MAX RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	Filtración RDTO (%)	
B- Parámetros químicos inorgánicos					
Arsénico	80		0,005	100	
Berilio	100				
Cadmio	80		0,002		
Calcio				100	
Cinc	100			100	
Cromo (total)			0,015	100	
...Cromo (III)			0,015		
...Cromo (VI)			0,015		
Flúor					
...Fluoruro	50				
Manganeso	50				
Mercurio (inorgánico)	80		0,001		
Níquel			0,02		
Selenio	50		0,0005		
C.- Parámetros microbiológicos					
Virus	99,996837	99,9999			
Bacterias	99,999999	99,99999999			
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)					
.....Escherichia Coli	30				
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	30				
...Enterococo	30				
Protozoos	99,9	99,999			
D.- Parámetros químicos orgánicos					
Acrilamida					5
Benceno					29
...Clorobenceno				29	
Continúa ...					

Cuadro 4.46: Rendimientos tratamientos fisicoquímicos

Parámetro	Coagulación Floculación Decantación			Coagulación Filtración RDTO (%)
	RDTO (%)	MAX RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	
...Estireno (vinil benceno)				29
...Etilbenceno	30			29
...Xyleno (Dimetilben- ceno)(total)				29
Epiclorhidrina (ECH)	99,9998			
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)			50	
...Benzo(α)pireno			0,00005	
Plaguicida individual				
...Anilinas				
.....Alaclor				49
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)				
.....Oxamil (Vidato)				79
...Fenoxy ácidos				
.....Ácido 2,4- diclorofenoxiacético (2,4-D)	30			29
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Sil- vex)	50			63
...Organoclorados				
.....Aldrina	50		0,02	
.....1,2-Dibromo-3- cloropropano (DBCP) (Fuma- zone)				29
.....Orto-Diclorobenceno (o- DCB) (1,2-Diclorobenceno)				29
(1,2-DCB)				
.....Para-Diclorobenceno (p- DCB) (1,4-Diclorobenceno)				29
(1,4-DCB)				
.....1,2-Dicloroetano (1,2- DCE)				29
.....1-1-Dicloroetileno (1-1- Dicloroetano)				29
.....cis-1,2-Dicloroetileno				29
.....trans-1,2-Dicloroetileno				29
Continúa ...				

Cuadro 4.46: Rendimientos tratamientos fisicoquímicos

Parámetro	Coagulación Floculación Decantación			Coagulación Filtración RDTO
	RDTO (%)	MAX RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	
.....1,2-Dicloropropano				29
.....Dieldrina	50		0,02	
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	80		0,0001	
.....Endrina	30			
.....Heptacloro				64
.....Lindano				29
.....Toxafeno				29
.....Tetracloruro de carbono	30			29
.....1,1,1-Tricloroetano (metil-cloroformo)				29
...Organofosforados				
.....Clorpirifos	10			
...Triacinas				
.....Atrazina	30			
.....Terbutilazina (TBA)	30			
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno				
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))				29
...Otros				
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))				29
PVC				
...Cloruro de vinilo (cloroeteno)				29
F.- Radiactividad				
Elementos radiológicos				
...Uranio	80		0,001	
Fin del cuadro				

4.2.3.4.2. Barrido por aire

Cuadro 4.47: Rendimientos barrido por aire

Parámetro	Pulverizado		Aireación por difusores	Torre de aireación + CAG
	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	RDTO (%)
D.- Parámetros químicos orgánicos				
Benceno	80	0,01		80
...Clorobenceno	80		80	80
...Estireno (vinil benceno)	80	0,02		
...Etilbenceno	80	0,001	80	80
...Tolueno	80	0,001	80	80
...1,2,4-Triclorobenceno	100		100	100
...Xyleno (Dimetilbenceno)(total)	80	0,005	80	80
Plaguicida individual				
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)				
.....Carbofurano			20	29
...Fenoxi ácidos				
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)				80
.....Policlorados bifenilos (PCB)				80
...Organoclorados				
.....Clordano				29
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)	50	0,001		69
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB) (1,2-Diclorobenceno) (1,2-DCB)	80	0,01	72	80
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB) (1,4-Diclorobenceno) (1,4-DCB)	80	0,01		80
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	30		77	80
.....1-1-Dicloroetileno (1-1-Dicloroetano)			97	80
.....cis-1,2-Dicloroetileno	80	0,01	85	80
.....trans-1,2-Dicloroetileno	80	0,01	96	80
.....1,2-Dicloropropano	100		70	80
.....Heptacloro				80
.....Lindano				29
.....Metoxicloro	50			
Continúa ...				

Cuadro 4.47: Rendimientos tratamientos fisicoquímicos

Parámetro	Pulverizado		Aireación por difusores	Torre de aireación + CAG
	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	RDTO (%)
.....Toxafeno				80
.....Tetracloruro de carbono	100	0,001		100
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)			90	80
...Tricloroetano+Tetracloroetano		0,002		
.....Tricloroetano (Tricloroetileno (TCE))	100	0,002		80
.....Tetracloroetano (Tetracloroetileno; PCE)	100	0,001		
...Otros				
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	100	0,0001		100
PVC				
...Cloruro de vinilo (cloroetano)	100	0,001		80
Sustancias tensoactivas				
...Espumantes				
.....1,4-Dioxano	30			
Trihalometanos totales (THM)	100	0,05		
...Disustituido				
.....Diclorometano (cloruro de metileno)	100	0,02		
...Trisustituido				
.....Bromodiclorometano	100	0,05		
.....Bromoformo	100	0,05		
.....Cloroformo	100	0,05		
.....Dibromoclorometano	100	0,05		
Fin del cuadro				

Cuadro 4.49: Rendimientos filtración. II

Parámetro	Microfiltración		Ultrafiltración		Nanofiltración	
	RDTO (%)	MAX RDTO (%)	RDTO (%)	MAX RDTO (%)	RDTO (%)	MAX RDTO (%)
...Enterococo	99,9		100		100	
Protozoos	99	99,9999	99,9	99,9999	99,9	99,9999
...Organoclorados						
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)					28	
.....Heptacloro					100	
Fin del cuadro						

Cuadro 4.50: Rendimientos filtración. III

Parámetro	Ósmosis Inversa			Electrodiálisis
	RDTO (%)	MAX RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)
A.- Parámetros físicos				
Sólidos disueltos totales	99			
B- Parámetros químicos inorgánicos				
Antimonio	100			100
Arsénico	80		0,005	
Bario	100			100
Berilio	100			100
Cadmio	80		0,002	
Calcio	97			
Cinc				
Cloro libre residual	91			
Cromo (total)				
...Cromo (III)	100			100
...Cromo (VI)	100			100
Flúor				
...Fluoruro	80		1	
Hierro	98			
Magnesio	98			
Manganeso	80		0,05	
Mercurio (inorgánico)	80		0,0001	
Níquel	100			100
Continúa ...				

Cuadro 4.50: Rendimientos filtración. III

Parámetro	Ósmosis Inversa			Conc. alc. (mg/L)	Electrodiálisis RDTO (%)
	RDTO MAX (%)	RD- TO (%)			
Nitrato (medido como nitrógeno)	80			5	
Plata					
Plomo	98				
Potasio	100				
Selenio	80			0,01	
Sodio	93				
Sulfato					
Talio	100				100
C.- Parámetros microbiológicos					
Virus	99,9	99,9999			
...Enterovirus					
Bacterias	99,9	99,9999			
...Recuentos de colonias a 22°C	99,99				
...Recuentos de colonias a 37°C	99,99				
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	99,99				
.....Escherichia Coli	99,99				
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	99,99				
...Enterococo	99,99				
...Conteo de placas de bacterias heterotróficas (HPC)	99,99				
...Legionella	99,99				
...Estreptococos fecales	99,99				
Protozoos	99,9	99,9999			
...Esporas/quiste	99,99				
...Recuento de colonias a 37°C	99,99				
...Cryptosporidium parvum	99,99				
...Giardia Lamblia	99,99				
D.- Parámetros químicos orgánicos					
Ácidos haloacéticos (HAA5)	100				
...Ácido monocloroacético	100				
...Ácido dicloroacético	100				
...Ácido tricloroacético	100				
Acrilamida	97				
Benceno	29				
...Clorobenceno	80				
Continúa ...					

Cuadro 4.50: Rendimientos filtración. III

Parámetro	Ósmosis Inversa			Electrodiálisis
	RDTO MAX	RD-	Conc. alc.	
	(%)	TO (%)	(mg/L)	RDTO (%)
...Etilbenceno	90			
...Xyleno (Dimetilbenceno)(total)	85			
Plaguicida individual				
...Anilinas				
.....Alaclor	100		0,001	
.....Metolaclor	100			
.....Trifluralina	80		0,0001	
...Carbamates (Inhibidor de la co- linesterasa)				
.....Aldicarbón	99		0,001	
.....Carbofurano	80		0,001	
...Fenoxy ácidos				
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	65			
.....Policlorados bifenilos (PCB)	95			
...Organoclorados				
.....Aldrina	80		0,02	
.....Clordano	100			
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)				
.....Orto-Diclorobenceno (o- DCB) (1,2-Diclorobenceno)	69			
.....Para-Diclorobenceno (p- DCB) (1,4-Diclorobenceno)	10			
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	70			
.....1-1-Dicloroetileno (1-1- Dicloroetano)	30			
.....cis-1,2-Dicloroetileno	30			
.....trans-1,2-Dicloroetileno	30			
.....1,2-Dicloropropano	80		0,001	
.....Dieldrina	80		0,02	
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4- clorofenil)-etano(DDT)	80		0,0001	
.....Heptacloro	100			
.....Lindano	75			
Continúa ...				

Cuadro 4.50: Rendimientos filtración. III

Parámetro	Ósmosis Inversa			Electrodiálisis
	RDTO MAX (%)	RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)
.....Metoxicloro	90			
.....Tetracloruro de carbono	80		0,001	
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)	100			
...Triacinas				
.....Atrazina	80		0,0001	
.....Simazina	80		0,0001	
...Ureas				
.....3 - (4-isopropylphenyl) -1,1-dimethylurea (Isoproturón)	80		0,0001	
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno				
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))	100			
.....Tetracloroeteno (Tetracloroetileno; PCE)	90			
...Otros				
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	100			
Trihalometanos totales (THM)	99			
F.- Radiactividad				
Elementos radiológicos				
...Radio 226 y Radio 228 (combinados)	100			100
...Uranio	100			100
Fin del cuadro				

4.2.3.4.4. Adsorción

Cuadro 4.51: Rendimientos adsorción

Parámetro	Int. Iónico		Carbón Act. Gran.		Carbón Act. polvo	
	RDT	TOC Conc.	RDT	TOC Conc.	RDT	TOC Conc.
	(%)	alc. (mg/L)	(%)	RD-TO (%)	alc. (mg/L)	RD-TO (%)
B- Parámetros químicos inorgánicos						
Aluminio	100					
Amonio	100					
Arsénico	100	0,005				
Bario	100	0,1				
Berilio						
Bromato			100			
Cadmio	80	0,002				
Calcio	100					
Cinc	100		100			
Cromo (total)						
...Cromo (III)	100					
...Cromo (VI)	100					
Hierro	100		100		100	
Magnesio	100		100		100	
Manganeso			100		100	
Mercurio (inorgánico)	100	0,001	80		0,0001	0,001
Níquel	99,4					
Nitrato (medido como nitrógeno)	80	5				
Nitrito (medido como nitrógeno)	100	0,1				
Plata	100		100			
Plomo	100					
Potasio	100					
Selenio	80	0,01				
Sodio	100					
C.- Parámetros microbiológicos						
Virus			0,6837	0,99	0,6837	0,99
Bacterias			0,9	0,999	0,9	0,999
Protozoos			0,99	0,9999	0,99	0,9999
D.- Parámetros químicos orgánicos						
Continúa ...						

Cuadro 4.51: Rendimientos adsorción

Parámetro	Int. Iónico	Carbón Act. Gran.		Carbón Act. polvo	
	RDTConc. (%) alc. (mg/L)	RDTOMAX (%) RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTOMAX (%) RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)
.....Metolaclor		100	0,0001		
.....Pendimetalina			0,001		
.....Trifluralina		80	0,001		
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)					
.....Aldicarbón		80	0,001		
.....Carbofurano		80	0,0001	75	
...Fenoxy ácidos					
.....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-triclorofenol)		100	0,0001	100	
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)		80	0,001	100	
.....Ácido 4-(2,4-Diclorofenoxi)butírico (2,4-DB)			0,0001		
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)		80	0,0001		
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCP)		80	0,0001		
.....Pentaclorofenol (PCP)		80	0,0004		
.....Policlorados bifenilos (PCB)		100			
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)		100			
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)			0,001		
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)		80	0,001	99	
...Organoclorados					
.....Aldrina		80	0,02		
.....Clordano		80	0,0001		
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)		80	0,001		
Continúa ...					

Cuadro 4.51: Rendimientos adsorción

Parámetro	Int. Iónico	Carbón Act. Gran.		Carbón Act. polvo	
	RDTConc. (%) alc. (mg/L)	RDTOMAX (%) RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTOMAX (%) RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)
.....Molinato			0,001		
...Triacinas					
.....Atrazina		80	0,0001		0,0001
.....Simazina		80	0,0001		
.....Terbutilazina (TBA)		80	0,0001		
...Ureas					
.....Clorotoluron		80	0,0001		
.....3 - (4-isopropylphenyl) -1,1-dimethylurea (Isoprotu- rón)		80	0,0001		
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno		100			
.....Tricloroeteno (Tricloroeti- leno (TCE))		80	0,02		
.....Tetracloroeteno (Tetraclo- roetileno; PCE)		80	0,001		
...Otros					
.....1,2-Dibromoetano (Dibro- muro de etileno (EDB))		100	0,0001		
.....Endotal		100			
.....Pyriproxyfen		80	0,001		
PVC					
...Cloruro de vinilo (cloroe- teno)		80			
...Di-(2-etil-hexilo) ftalato (DEHP)		100			
Sustancias tensoactivas		100		100	
...Aniónicas		100		100	
...Detergentes		100		100	
...Espumantes		100		100	
.....1,4-Dioxano		99,9	0,001	99,9	0,001
Trihalometanos totales (THM)					
...Disustituido					
.....Diclorometano (cloruro de metileno)		100			
...Trisustituido					
Continúa ...					

Cuadro 4.51: Rendimientos adsorción

Parámetro	Int. Iónico		Carbón Act. Gran.			Carbón Act. polvo		
	RD	TOConc.	RD	TO	Conc.	RD	TO	Conc.
	(%)	alc. (mg/L)	(%)	RD- TO (%)	alc. (mg/L)	(%)	RD- TO (%)	alc. (mg/L)
.....Bromodiclorometano			100					
.....Bromoformo			100					
.....Cloroformo			100					
.....Dibromoclorometano			100					
F.- Radiactividad								
Elementos radiológicos								
...Radio 226 y Radio 228 (combinados)	100							
...Uranio	100	0,001						
Fin del cuadro								

4.2.3.4.5. Corrección del pH

Cuadro 4.52: Rendimientos corrección del pH

Parámetro	Abland. con cal	Abland. precipita.		Control Co- rro- sión
	RD	RD	Conc.	RD
	(%)	(%)	alc. (mg/L)	(%)
B- Parámetros químicos inorgánicos				
Arsénico		80	0,005	
Asbestos(fibras >10 micrómetros)				
Bario	100		0,1	
Berilio	100			
Cadmio		80	0,002	
Calcio	100			
Cromo (total)				
...Cromo (III)	100			
Hierro	100			
Continúa ...				

Cuadro 4.53: Rendimientos desinfección. I

Parámetro	Oxidación		Cloración			Ozonización	
	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	MAX RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)
.....N-Nitrosodimetilamina (ND- MA) ...Anilinas .....Alaclor .....Metolaclor ...Carbamates (Inhibidor de la co- linesterasa) .....Aldicarbón .....Carbofurano ...Fenoxy ácidos .....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6- trichlorofenol) .....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) .....Ácido 2-metil-4- clorofenoxiacético (MCPA) .....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCP) .....Pentaclorofenol (PCP) .....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex) ...Organoclorados .....Aldrina .....Clordano .....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone) .....Orto-Diclorobenceno (o- DCB) (1,2-Diclorobenceno) (1,2-DCB) .....Para-Diclorobenceno (p- DCB) (1,4-Diclorobenceno) (1,4-DCB) .....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE) .....1-1-Dicloroetileno (1-1- Dicloroetano)							
						50	
						50	
			80		0,001	80	0,001
	80		30			100	
	100						
	100					80	0,0001
						80	0,0001
						80	0,0001
	80						
	69					30	
						80	0,02
						80	0,0001
	29						
	88					88	0,01
	69					80	0,01
	29					30	
	80						

Cuadro 4.53: Rendimientos desinfección. I

Parámetro	Oxidación		Cloración			Ozonización	
	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	MAX RD- TO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)
.....1,4-Dioxano	99,9	0,001				99,9	0,001
Fin del cuadro							

Cuadro 4.54: Rendimientos desinfección. II

Parámetro	Oxidación avanzada		UV lámpara		
	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	MAX RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)
B- Parámetros químicos inorgánicos					
Nitrito (medido como nitrógeno)	80	0,1			
C.- Parámetros microbiológicos					
Virus			0,99	0,99999	
...Enterovirus					
Bacterias			0,999	0,99999	
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)					
.....Escherichia Coli			99		
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)			99		
...Enterococo			99		
Protozoos			0,999	0,99999	
D.- Parámetros químicos orgánicos					
Benceno					
...Tolueno	80	0,001			
...Xyleno (Dimetilbenceno)(total)	80	0,005			
Plaguicida individual					
...Aminas					
.....N-Nitrosodimetilamina (ND-MA)					0,000005
...Anilinas					
.....Alaclor	80	0,001			
...Organoclorados					
Continúa ...					

Cuadro 4.54: Rendimientos desinfección. II

Parámetro	Oxidación avanzada		UV lámpara		
	RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)	RDTO (%)	MAX RDTO (%)	Conc. alc. (mg/L)
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	50				
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	80	0,0001			
...Triacinas					
.....Atrazina	80	0,0001			
.....Simazina	80	0,0001			
...Ureas					
.....3 - (4-isopropylphenyl) -1,1-dimethylurea (Isoproturón)	80	0,0001			
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno					
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))	80	0,02			
Sustancias tensoactivas					
...Espumantes					
.....1,4-Dioxano	99,9	0,001	99,9		0,001
Fin del cuadro					

Adicionalmente a estos tratamientos y los rendimientos o el valor límite de los parámetros que se pueden alcanzar, en la página 700 se encuentra el resultado de la investigación bibliográfica sobre parámetros relacionados con la radiactividad, que por proceder de diversas fuentes y ser contradictorios entre ellos, no se han considerado en los anteriores cuadros.

4.2.3.5. Objetivo 3.e.-¿Qué tratamientos se pueden considerar necesarios?

Fuente tratamiento

- 01 Se considera necesario por la WHO
- 02 Se considera necesario por la USEPA
- 03;Se considera necesario por Aurelio Hernández Muñoz
- 04 Se considera necesario por la USACHPPM

- 05 Se considera necesario por la AWWA
- 06 Se considera necesario por EMSI
- 07 Se considera necesario por LENTECH
- 08 Se considera necesario por James E. Smith Jr.
- 09 Se considera opcional por Aurelio Hernández Muñoz
- 10 Se considera opcional por la AWWA
- 11 Se considera opcional por LENNTECH
- 12 Se considera que se debe realizar un estudio especial por la USEPA

Relación de tratamientos

- Tratamientos fisicoquímicos
  - 01 Coagulación Floculación Decantación
  - 02 Sulfato de Alúmina (Alúmina Activa)
  - 03 Coagulación Filtración
- Barrido de aire
  - 04 Aireación (Air striping)
  - 05 Aireación por difusores
  - 06 Aireación (Packed column aeration y Carbón Activo Granular + Torre de aireación (Packed Tower Aeration))
- Filtración
  - 07 Filtración Directa
  - 08 Filtración lenta
  - 09 Filtración rápida
  - 10 Filtración con diatomeas
  - 11 Microfiltración
  - 12 Ultrafiltración
  - 13 Nanofiltración
  - 14 Ósmosis Inversa
  - 15 Electrodiálisis

■ Adsorción

- 16 Intercambio Iónico
- 17 Carbón Activo Granular
- 18 Carbón Activo en polvo

■ Corrección de pH

- 19 Ablandamiento con cal (lime softening)
- 20 Ablandamiento (enhanced softening)
- 21 Ablandamiento por precipitación
- 22 Modificación del pH (Control de la Corrosión)
- 23 Reducción
- 24 Oxidación en medio básico
- 25 Oxidación en medio ácido
- 26 Oxidación con permanganato

■ Desinfección

- 27 Desinfección
- 28 Oxidación
- 29 Cloración
- 30 Cloraminas
- 31 Dióxido de cloro
- 32 Ozonización
- 33 Oxidación avanzada
- 34 UV

Necesario

Opcional

Se necesita justificación especial

Parámetro	Trat. físicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
A.- Parámetros físicos															
Alcalinidad															
Color	03								03					02	
Conductividad															
Corrosividad															
Demanda bioquímica de oxígeno a 20 °C sin nitrificación															
Demanda química de oxígeno															
Dureza total															
Índice de langelier								09							
Olor															
Oxígeno disuelto															
Oxidabilidad (KMnO4)															
pH															
Sabor															
Sólidos disueltos totales							02;12		03					01	
Turbidez	03														
B- Parámetros químicos inorgánicos															
Aluminio														02	
Amonio														04;05	10
Antimonio	04;12						12				12			01;04	
Arsénico	01;04; 01;12						02			04;05;08					
Asbestos	02;04						02	05						04;05; 04;05;08	
Bario							02								
Berilio	02;04; 08		05												
Bismuto														01;02	
Boro															
Bromato	12						12								
Bromuro															
Cadmio	01;04	12					12						01;04; 01;05	12	
Calcio			05									05			
Cinc	07		07				02	07						01	
Cloro libre residual	02														
... Cloro combinado residual															
... Cloruros															
... Cloraminas							02								
... Monocloramina	02														

Cuadro 4.55: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro I

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
...Dióxido de Cloro (como ClO2)	02						02								
...Clorito	02						02							04	
...Clorato														04;12	
...Perclorato														04;05; 05	
Cobalto	04						12								
Cobre	01;04;12						12							04;05; 05	
Cromo	01;04;12		05				12								
...Cromo (III)	01;04;12														
...Cromo (VI)	01;04;12														
Europio															
Estroncio															
Ferrocianuro															
Flúor (Fluoruro)	01;02	02;04					02							01;02;04;08	
Fósforo															
Fosfato															
Hexanitrocobalto															
Hierro	03							09	03;09					01	
Litio															
Magnesio			10											01;05	
Manganeso	03;01						01	09	03;09					01	
Mercurio	01;04;12						12	01						01;04;12	
Molibdeno															
Níquel	01													04;05 05	
Niobio															
Nitrógeno Kjeldahl															
Nitrato															
Nitrito														01;02; 04;12	
Ozono														04;12 12	
Peróxido de hidrógeno															
Plata	11		11					07							
Plomo	04													04	
Potasio														07	
Rubido															
Samario															
Selenio	01;04; 01;04;12						12							01;04; 04	
Silicatos															
Silicio															
Sodio														02	

Cuadro 4.56: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro II

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Sulfato														02	
Persulfato															
Sulfuro de hidrógeno															
Ión hidrosulfuroso														04;05	05
Talio															
Tiocianato															
Telurio															
Yodo															
Vanadio															
Wolframio															
C.- Parámetros microbiológicos															
Virus															
...Enterovirus							02							05	
...Colifagos							02							05	
Bacterias															
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	03						12	03						05	
.....Escherichia Coli							12	01					1	01;05	
.....Coliformes fecales															
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	01						12	01		01	1	01	1	01;05	
...Enterococo							12	01		01	1	01	1	01;05	
...Cuento de placas de bacterias heterotróficas (HPC)							02							05	
...Legionella							02							05	
...Streptococos fecales														05	
...Salmonella and Shigella															
...Pseudomonas aeruginosa															
...Vibrio cholera and V. parahaemolyticus															
Protozoos															
...Esporas/quiste							02							05	
...Recuento de colonias a 37°C							02							05	
...Cryptosporidium parvum							02							05;08	
...Giardia Lamblia							02							05	
...Helmintos															

Cuadro 4.57: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro III

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
D.- Parámetros químicos orgánicos															
Acetone mineral															
Acetonitrilos halogenados (dicloroacetonitrilo, dibromoacetonitrilo, bromocloroacetonitrilo, tricloroacetonitrilo)	02						02							05	
Ácidos haloacéticos (HAA5)	02						02							05	
...Ácido monocloroacético	02						02							05	
...Ácido dicloroacético	01;02						02							05	
...Ácido tricloroacético	01;02						02							05	
Acilamida	12		02			02	12							02	
Benceno			02	01;05		02;04;12								02	
...Clorobenceno			02	05	02	02;04;08								02	
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)															
...Estireno (vinil benceno)			02	01		02;04;08								02	
...Etilbenceno			02		02	02;04;08									
...Hexaclorobutadieno	01														
...Tolueno															
...1,2,4-Triclorobenceno				01;05	02	02;05								02	
...Xileno (Dimetilbenceno)(total)				05	5	04;05;08									
Carbono orgánico total			02	01;05	02;05	02;04;05;08								02	
Carbono-Tetradonuro															
Cianuro														04;12	
Formaldehído (en agua como derivado del tratamiento con ozono) (metanal)															
Epiclorhidrina (ECH)	02						02								
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)															
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	01														
...Benzo(α)pireno															
...Benzo(α)anthraceno															
...Benzo (β) fluoranteno															
...Benzo(κ)fluoranteno															

Cuadro 4.58: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.

Cuadro IV

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Petroquímicos totales															
Plaguicidas (Total)															
Plaguicida individual															
...Aminas cuaternarias															
.....Diquat															
.....Paraquat															
...Anilinas															
.....Alaclor			02											01;05	
.....Butacloro														05	
.....Metolaclor														01	
.....Pendimetalina															
.....Trifluralina															
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)															
.....Aldicarbón						02								02	
.....Carbofurano					02									02	
.....Oxamil (Vidato)			02												
...Fenoxi ácidos (2,4-clorofenoles															
.....2,4-diclorofenol															
.....2,4-diclorofenol															
.....Dicloroprop (2,4-DP)															
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	01		02			02								02	
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)															
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCPP)															
.....Pentaclorofenol (PCP)															
.....Policlorados bifenilos (PCB)						02								02	
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol															
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)															
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético) (Silvex)															
.....2,4,5-TP (Fenoprop)	01		02												
...Halogenados alifáticos															
.....Dalapon															

Cuadro 4.59: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.

Cuadro V

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
...Organoclorados	01													01	
.....Aldrina			02	01		02							05	02;05	
.....Clordano															
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP)															
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB)			02	01	02	02;04;08								02	
.....Diclorobenceno (1,2-DCB)															
.....1,3-Diclorobenceno															
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB)			02	01		02;04;08								02	
.....Diclorobenceno (1,4-DCB)															
.....1,1-Dicloroetano															
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)			02	01	02	02;04;12								02	
.....1,1-Dicloroetileno (1,1-Dicloroeteno)			02		02	02;04;08								02	
.....cis-1,2-Dicloroetileno			02	01	02	02;04;08								02	
.....trans-1,2-Dicloroetileno			02	01	02	02;04;08								02	
.....1,2-Dicloropropano			02	05	02	02;04;08								02	
.....Dieldrina	01													01	
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	01													01	
.....Endosulfán															
.....Endrina	01		02			02							05		
.....Heptacloro															
.....Heptacloro epoxídico															
.....Hexaclorobenceno						04;08								02	
.....Hexaclorociclopentadieno			02			02								02	
.....Lindano				01										02	
.....Metoxicloro														02	
.....Metil Paratión															
.....Toxafeno			02			02									
.....Tetracloruro de carbono	01		02	01;05		02								02	
.....1,1,1-Tricloroetano (metilclorofórmio)			02		02	02;05;08								02	
.....1,1,2-Tricloroetano				05		04;08									
.....Picloram															

Cuadro 4.60: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro VI

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
...Organofosforados	01														
.....Clorpirifos															
.....Dimetoato															
.....Glifosato															
.....Forato															
.....Malatión															
...Pyrethroids															
.....Pernetrina															
...Quelatos															
.....Ácido etilendiaminotetraacético															
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)															
... Tiocarbamato															
.....Molinato															
...Triacinas															
.....Atrazina	01												01	01	
.....Simazina															
.....Terbutilazina (TBA)	01														
...Ureas															
.....Clorotoluron															
.....3 - (4-isopropylphenyl) - 1,1-dimethylurea (Isoproturón)															
...Tricloroetano+Tetracloroetano															
.....Tricloroetano (Tricloroetileno (TCE))		02		01	01;05	12								02	
.....Tetracloroetano (Tetracloroetileno; PCE)				01;05		02;04;08								02	
...Otros						04;08									
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))				01;05		02;05								02	
.....1,3-Dicloropropeno		02													
.....Dinoseb															
.....Endotal															
.....Pyriproxyfen															

Cuadro 4.61: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro VII

Cuadro 4.62: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro VIII

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
E.- Guerra Química															
Agente nervioso															
...Agente G															
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)															
.....GB (Sarin) (Isopropylmethylphosphonofluoridate)															
.....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramidocyanidate)															
...Agente V															
.....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl) methylphosphonothioate)															
Agente incapacitante															
...Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)															
Agente sanguíneo															
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)															
Agente vesicante															
...Lewisita (2-chloroethenyldichloroarsine)															
...HD(Gas mostaza)(Bis- [2-Chloroethyl] sulfide)															
Toxinas															
...Microcistina															
...Micotoxina T-2															

Cuadro 4.63: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro IX

Parámetro	Trat. fisicoquím.			Barrido de aire			Filtración								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
F.- Radiactividad															
Actividad bruta de partículas alfa														04	
Dosis indicativa total															
Elementos radiológicos															
...Cesio-147															
...Estroncio-90															
...Plomo-211															
...Radio 226 y Radio 228 (combinados)														04;05	05
...Radón-222															
...Tritio															
...Uranio	04	01												04;05	05
...Yodo-141															
Emisores de partículas beta y de fotones Gamma														04	

Cuadro 4.64: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro X

Parámetro	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Adsorción				Corrección de pH				Desinfección											
A.- Parámetros físicos																			
Alcalinidad																			
Color		02													09	09	09		09
Conductividad																			
Corrosividad																			
Demanda bioquímica de oxígeno a 20 °C sin nitrificación																			
Demanda química de oxígeno																			
Dureza total																			
Índice de langelier																			
Olor		03	N1											09	09	09	09		09
Oxígeno disuelto																			
Oxidabilidad (KMnO4)											02								
pH							02;12												
Sabor		02																	
Sólidos disueltos totales																			
Turbidez (Nephelometric Turbidity Unit NTU)																			
B.- Parámetros químicos inorgánicos																			
Aluminio	05																		
Amonio	07;05																		
Antimonio																			
Arsénico	01;04	05;12				01							02						
Asbestos(fibras >10 micrómetros)							04;08												
Bario	04;05	08				08													
Berilio	04;08					04;05,08													
Bismuto																			
Boro																			
Bromato											02								
Bromuro (iones)																			
Cadmio	01;04	12				01													
Calcio	05			04;12															
Cinc	07	07		05															

Cuadro 4.65: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XI

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH						Desinfección									
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Cloro libre residual					08			01											
...Cloro combinado residual																			
...Cloruros					08			01											
...Cloraminas (como Cl2)																			
Monocloramina																			
...Dióxido de Cloro (como ClO2)					08														
...Clorito					08														
...Clorato																			
?Perclorato																			
Cobalto																			
Cobre	04			04			04;12												
Cromo (total)	04;12			04;12						02									
...Cromo (III)	04;05;12			04;05;12						02									
...Cromo (VI)	04;05;12			04;12						02									
Europio																			
Estroncio																			
Ferrocianuro																			
Flúor (Fluoruro)																			
Fósforo																			
Fosfato																			
Hexanitrocobalto																			
Hierro	05	09;10	10	05									02						
Litio																			
Magnesio	05	05	05	05															
Manganeso																			
Mercurio (inorgánico)	05	04;12	09;10	04;12				01					01;02	01			01		
Molibdeno																			
Níquel	04;05			04;05															
Niobio																			
Nitrógeno Kjeldahl (tranne NO3)																			
Nitrato (medido como nitrógeno)	01;04;12													04			04		
Nitrito (medido como nitrógeno)	04;05;12													01			01	01	

Cuadro 4.66: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XII

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH							Desinfección								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Ozono																			
Peróxido de hidrógeno																			
Plata	07	07												05					
Plomo	04+v			04			E;04												
Potasio	05																		
Rubido																			
Samario																			
Selenio	01;04			04;12															
Silicatos																			
Silicio																			
Sodio	05																		
Sulfato																			
Persulfato																			
Sulfuro de hidrógeno																			
Sulfuro de hidrógeno																			
Ión hidrosulfuroso																			
Talio	04;08																		
Tiocianato																			
Telurio																			
Yodo																			
Vanadio																			
Wolframio																			
C.- Parámetros microbiológicos																			
Virus														05;08			05;08		08
...Enterovirus														05;08					08
?Colifagos																			
Bacterias																			
...Recuentos de colonias a 22°C														02;05	12		02;05	12	02;12
...Recuentos de colonias a 37°C																			
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)												03		02;03	05;12		02;05	12	02;12
.....Escherichia Coli				01										01;05	01	01	01;05	12	01;12
.....Coliformes fecales																			

Cuadro 4.67: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XIII

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH							Desinfección								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
...Clostridium perfringens (incluidas las esporas)				01										01;05;01	01	01	01;05;12		01;12
...Enterococo				01										01;05;01	01		01;05;12		01;12
...Conteo de placas de bacterias heterotróficas (HPC)														05;08			05;08		08
...Legionella														05;08			05;08		08
...Estreptococos fecales																			
...Salmonella and Shigella																			
...Pseudomonas aeruginosa																			
...Vibrio cholera and V. parahaemolyticus																			
Protozoos																			
...Esporas/quiste														05;08			05;08		08
...Recuento de colonias a 37°C														05;08			05;08		08
...Cryptosporidium parvum														05;08			05;08		08
...Giardia Lamblia														05;08			05;08		08
...Helminthos																			
D.- Parámetros químicos orgánicos																			
Acetate mineral																			
Acetonitrilos halogenados (dicloroacetnitrilo, dibromoacetnitrilo, bromocloroacetnitrilo, tricloroacetnitrilo)	01																		
Ácidos haloacéticos (HAA5)	05				08														
...Ácido monocloroacético	05				08														
...Ácido dicloroacético	05				08														
...Ácido tricloroacético	05				08														
Acrilamida			05											01					

Cuadro 4.68: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XIV

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH					Desinfección										
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Benceno		01;02	04;05										05				01		
...Clorobenceno		04;05	05										05				05		
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)		02;04	05																
...Estireno (vinil benceno)		04;05											05						
...Etilbenceno		04;05	05										05				05		
...Hexaclorobutadieno		01;05																	
...Tolueno		04;05	05										05				05	01	
...1,2,4-Triclorobenceno		04;05	05										05				05	01	
...Xileno (Dimetilbenceno)(total)		04;05	05										05				05		
Carbono orgánico total																			
Carbono-Tetradoruro																			
Cianuro (como cianuro libre)	04;12						05						05		01;04;12		04		
Formaldehído (en agua como derivado del tratamiento con ozono) (metanal)																			
Epíclorhidrina (ECH)																			
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)		05																	
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)		02;05	05																
...Benzo(α)pireno		02;04;	05																
...Benzo(α)anthraceno		05	05																
...Benzo(β) fluoranteno		05	05																
...Benzo(κ)fluoranteno		05	05																
Petroquímicos totales																			
Plaguicidas (Total)		02;12																	

Cuadro 4.69: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.

Cuadro XV

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH					Desinfección										
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Plaguicida individual		02;12																	
...Aminas cuaternarias																			
.....Diquat		02;04	05														01	01	
.....Paraquat																			
...Anilinas																			
.....Alaclor		02;04	05														01	01	
.....Butacloro																			
.....Metolaclor		01;05															01		
.....Pendimetalina																			
.....Trifluralina			01																
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)																			
.....Aldicarbón		01												01			01		
.....Carbofurano		02;04;	05										05	01			05		
.....Oxamil (Vidato)		02;04																	
...Fenoxi ácidos																			
.....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol)		01;05	05										05						
.....2-clorofenol																			
.....2,4-diclorofenol																			
.....Dicloroprop (2,4-DP)																			
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)		02;04;	05										05				01		
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)			01														01		
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCP)																	01		
.....Pentaclorofenol (PCP)			02;04	05															
.....Policlorados bifenilos (PCB)			02;04	05															
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol																			
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)			01;05																
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)			01																
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)		02;04;	05										05				01		

Cuadro 4.70: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XVI

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH							Desinfección								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
.....Halogenados alifáticos																			
.....Dalapon		02;04																	
...Organoclorados																			
.....Aldrina		02;12															01		
.....Clordano		01;02	04;05														01		
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)		04;05											05						
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB)		04;05	05										05						
Diclorobenceno (1,2-DCB)																			
.....1,3-Diclorobenceno		04;05											05				01		
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB)																			
Diclorobenceno (1,4-DCB)																			
.....1,1-Dicloroetano																			
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)		01;02	04;05										05				01	01	
.....1-1-Dicloroetileno (1-1-Dicloroeteno)		04;05											05						
.....cis-1,2-Dicloroetileno		04;05											05						
.....trans-1,2-Dicloroetileno		04;05											05						
.....1,2-Dicloropropano		04;05											05						
.....Dieldrina		02;12															01		
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)		01												01			01		
.....Endosulfán																			
.....Endrina		02;04	05																
.....Heptacloro		02;04	05										05				05		
.....Heptacloro epoxídico		02;04	05;12										05				05		
.....Hexaclorobenceno		02;04	05																
.....Hexaclorociclopentadieno		02;04																	
.....Lindano		01;04	05										05				01;05		
.....Metoxicloro		02;04	05														01		
.....Metil Paratión																			
.....Toxafeno		02;04	05																
.....Tetracloruro de carbono		04;05	05																
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)		04;05	05										05						
.....1,1,2-Tricloroetano		04;05																	
.....Picloram		02;04																	

Cuadro 4.71: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.

Cuadro XVII

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH					Desinfección										
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
...Organofosforados		01															01		
.....Clorpirifos		01															01		
.....Dimetoato																	01		
.....Glifosato		N															04		
.....Forato																			
.....Malatión																			
...Pyrethroids																			
.....Permetrina																			
...Quelatos																			
.....Ácido etilendiaminotetraacético		01																	
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)		01																	
... Tiocarbamato																			
.....Molinato		01																	
...Triacinas																			
.....Atrazina		02;04															01		
.....Simazina		02;04															01		
.....Terbutilazina (TBA)		01															01		
...Úreas																			
.....Clorotoluron		01															01		
.....3 - (4-isopropylphenyl) - 1,1-dimethylurea (Isoproturón)		01															01		
...Tricloroeteno + Tetracloroeteno																			
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))		02;05															01		
.....Tetracloroeteno (Tetracloroetileno; PCE)		04;05															01		
...Otros																			
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))		04;05											05						
.....1,3-Dicloropropeno													05						
.....Dinoseb																			
.....Endotal		04;05											05				05		
.....Pyriproxyfen		01																	

Cuadro 4.72: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XVIII

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH						Desinfección									
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
PVC																			
....Adipato de di-(2-etil-hexilo) (DEHA)		02;04																	
...Cloruro de vinilo (cloroteno)		05											05						
...Di-(2-etil-hexilo) ftalato (DEHP)		02;04	05																
Sustancias tensoactivas		05	05																
....Aniónicas		05	05																
...Detergentes		05	05																
...Espumantes		05	05																
.....1,4-Dioxano		06	06										06						
Trihalometanos totales (THM)		02			12							01					01;06	06	06
....Disustituido																			
.....Diclorometano (cloruro de metileno)		05																	
...Trisustituido																			
.....Bromodichlorometano		02;05			12							01							
.....Bromoformo		02;05			12							01							
.....Cloroformo		02;05			12							01							
.....Dibromoclorometano		02;05			12							01							

Cuadro 4.73: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XIX

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH							Desinfección								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
E.- Guerra Química																			
Agente nervioso																			
...Agente G																			
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)																			
.....GB (Sarín) (Isopropylmethylphosphonofluoridate)																			
.....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramidocyanidate)																			
...Agente V																			
.....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl)methylphosphonothioate)																			
Agente incapacitante																			
...Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)																			
Agente sanguíneo																			
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)																			
Agente vesicante																			
...Lewisita (2-chloroethenyl)dichloroarsine)																			
...HD(Gas mostaza)(Bis-[2-Chloroethyl] sulfide)																			
Toxinas																			
...Microcistina																			
...Micotoxina T-2																			

Cuadro 4.74: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XX

Parámetro	Adsorción			Corrección de pH							Desinfección								
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
F.- Radiactividad																			
Actividad bruta de partículas alfa																			
Dosis indicativa total																			
Elementos radiológicos																			
...Cesio-137																			
...Estroncio-90																			
...Plomo-210																			
...Radio 226 y Radio 228 (combinados)	04:05	08		04:05	08														
...Radón-222																			
...Tritio																			
...Uranio	04:05			04		01													
...Yodo-131																			
Emisores de partículas beta y de fotones Gamma	04																		

Cuadro 4.75: Tratamiento necesario/opcional para la eliminación de los parámetros.
Cuadro XXI

4.2.3.6. Objetivo 3.f.-¿Qué equipos existen en la actualidad para el tratamiento de aguas en situaciones de emergencias y qué rendimiento se espera de ellos?

Las principales plantas de tratamiento de aguas portátiles existentes con los diversos procesos que las componen son los reflejados en la siguiente tabla:

Empresa	Sistema	Nombre	Rdto agua rto (l/h)	Rdto agua salobre(l/h)	Pretratamiento	Adición de compuestos químicos	Oxidación	Reducción	Floculación	Decantación	Filtración arena	Filtración tierras diatomeas	Intercambio iónico	CAG	Microfiltración	Ultrafiltración	Ósmosis Inversa	UV	Cloración	Estados que tienen estos equipos en servicio
Stellar Metafilter	Stellar 8M36	Stellar Metafilter 8M36										x								Reino
Sociedad Española de Tratamiento de Aguas	POSC SPA 010000A	Planta de Tratamiento de Aguas por Ósmosis Inversa POSC SPA 010000A					x				x				x					España, Unido
Sociedad Española de Tratamiento de Aguas	SETA 3E/1000UE	Planta Potabilizadora de campaña y Emergencias SETA 3E/1000UE	1000		x		x		x		x				x					España
Sociedad Española de Tratamiento de Aguas	SETA 3E/3000UE	Planta Potabilizadora de campaña y Emergencias SETA 3E/3000UE	3000		x		x		x		x				x					España
General Electric Water	ADROWPU	Advance Double Pass Reverse Osmosis Water Purification Unit	2400	5000	x						x		x		x					EEUU
General Electric Water	Mini-ROWPU	Manually Transportable Reverse Osmosis Water Purification Unit	159	340												x				EEUU
MECO	ROWPU 600 GPH	Reverse Osmosis Water Purification Unit	2271	3407	x						x		x		x					EEUU
Keco	ROWPU 3000GPH	Reverse Osmosis Water Purification Unit	11356	7571	x						x		x		x					EEUU
RDECOM	LWP	Lightweight Water Purifier	284	473												x				EEUU
RDECOM	ROWPU 600 GPH	Reverse Osmosis Water Purification Unit	2271	3407	x						x		x		x					EEUU
RDECOM	TWPS 1500 GPH	Tactical Water Purification System	5678	6814	x						x		x		x					EEUU
RDECOM	ROWPU 3000GPH	Reverse Osmosis Water Purification Unit	11356	7571	x						x		x		x					EEUU
Berkefeld	TWA 3	Drinking Water Plant TWA 3	3000	4500	x						x				x					Alemania, No-ruega
Berkefeld	TWA 4	Drinking Water Plant TWA 4	4000								x				x					
Berkefeld	TWA 6	Drinking Water Plant TWA 6	6000	8000	x		x				x		x		x					Austria
Berkefeld	TWA 10	Drinking Water Plant TWA 10	10000	13000	x						x		x		x					Alemania
Berkefeld	TWA 15	Drinking Water Plant TWA 15	15000						x						x			x		

Cuadro 4.76: Plantas de tratamiento de aguas portátiles. (Cuadro I)

Empresa	Sistema	Nombre	Rdto agua río (l/h)	Rdto agua salobre(l/h)	Pretratamiento	Adición de compuestos químicos	Oxidación	Reducción	Floculación	Decantación	Filtración arena	Filtración tierras diatomeas	Intercambio iónico	CAG	Microfiltración	Ultrafiltración	Ósmosis inversa	UV	Cloración	Estados que tienen estos equipos en servicio
Berkfeld	BERRO 500	Brakish Water Desalination Plant BE-RRO 500		500											x		x			Alemania, Noruega
Berkfeld	BERRO 3000	Brakish Water Desalination Plant BE-RRO 3000	4500	3000											x		x			Alemania
Berkfeld	BERRO 4200	Brakish Water Desalination Plant BE-RRO 4200	4200	1800											x	x	x			
Berkfeld	BERRO 4500	Brakish Water Desalination Plant BE-RRO 4500	4500	2700											x	x	x			Irlanda
Berkfeld	BERRO 2000/700	Brakish Water Desalination Plant BE-RRO 2000/700	2000	700											x	x	x			Portugal
Berkfeld	BERRO 4000/1500	Containerised Sea Water Desalination Plant BERRO 4000/1500	4000	1500											x	x	x			
Berkfeld	BERRO 5000	Containerised Water Desalination Plant BERRO 5000	15000	5000											x	x	x			Alemania
Berkfeld	M6	Compact Mobile Water Desalination Plant	6000	1700	x				x						x	x	x	x	x	Bélgica, Francia, Holanda
Parker Racor	EUWP	Expeditionary Unit Water Purifications	44163	19243		x										x	x			EEUU
Terra Group Corporation	LWPS	Lightweight Water Purification System M-PRO	473	284											x		x		x	EEUU
Terra Group Corporation	PRO 3000	Portable Reverse Osmosis Water Purification Unit		11356											x		x		x	EEUU
Terra Group Corporation	MMFSS 3000	Multifunctional Modular Fluid Filtration System 3000	27255	14990											x	x	x			EEUU
Terra Group Corporation	MMFSS 3000	Multifunctional Modular Fluid Filtration System 3000	7949												x	x				EEUU
Terra Group Corporation	RECOR	Retculated Electro-Catalytic Oxidation Reduction	45425	2271																EEUU

Cuadro 4.77: Plantas de tratamiento de aguas portátiles. (Cuadro II)

Los rendimientos de las plantas anteriores teniendo en cuenta una calidad de partida de agua bruta del tipo A-3 (13) es la siguiente:

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	Stellar 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH
B-Parámetros químicos inorgánicos												
Amonio	mg/L NH ₄	4	4	4	4	4	0	4	0	0	4	0
Arsénico	mg/L	0,1	0,1	0,005	0,001	0,001	0	0,1	0	0	0,005	0
Bario	mg/L Ba	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Boro	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cadmio	mg/L	0,005	0,005	0,001	0,0002	0,0002	0,0002	0,005	0,0002	0,0002	0,001	0,0002
Cinc	mg/L	5	5	5	0	0	0	5	0	0	0	0
Cloro libre residual	mg/L	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
...Cloruros	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,015	0,015	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cromo (total)	mg/L	0,05	0,05	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
...Cromo (III)	mg/L	0,05	0,05	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
...Cromo (VI)	mg/L	0,05	0,05	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
Flúor	mg/L	1,7	1,7	0,34	0,17	0,17	0,34	1,7	0,34	0,34	0,34	0,34
...Fluoruro	mg/L	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Fosfato	mg/L	1	1	0,02	0	0	0	1	0	0	0	0
Hierro	mg/L	1	0,05	0,002	0	0	0	0,05	0	0	0	0
Manganeso	mg/L	1	0,001	0,0001	0,00002	0,00002	0	0,001	0	0	0,00002	0
Mercurio	mg/L	0,001	0,001	0,0001	0,00002	0,00002	0	0,001	0	0	0,00002	0
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nitrato	mg/L NO ₃	50	50	5	5	5	1	50	1	1	5	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
Selenio	mg/L	0,01	0,01	0,002	0,0001	0,0001	0,0004	0,01	0,0004	0,0004	0,002	0,0004
Sulfato	mg/L SO ₄	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
C.-Parámetros microbiológicos												
Bacterias	UFC/100 mL	50000	50	0,005	0,005	0,005	0,005	50	0,005	0,005	0,005	0,005
...Recuentos de colonias a 37°C	UFC/100 mL											
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)												
.....Coliformes fecales	UFC/100 mL	20000	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...Estreptococos fecales	UFC/100 mL	10000	10	0,001	0,001	0,001	0,001	10	0,001	0,001	0,001	0,001

Cuadro 4.78: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro I)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	Stellar 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH
D.-Parámetros químicos orgánicos												
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,05	0,05	0	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)	mg/L	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0
...Benzo(α)pireno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0
...Benzo(α)anthraceno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0
...Benzo(β) fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0
...Benzo(κ)fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0,001	0	0	0	0
Plaguicidas (Total)	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Plaguicida individual	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
...Aminas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....N-Nitrosodimetilamina (NDMA)	mg/L	0,005	0,005	0,000005	0,000005	0,000005	0,000005	0,000005	0,000005	0,000005	0,005	0,000005
...Aminas cuaternarias	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Diquat	mg/L	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0
.....Paraquat	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Anilinas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Alaclor	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Butacloro	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Metolaclor	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Pendimetalina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
.....Trifluralina	mg/L	0,005	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Aldicarbón	mg/L	0,005	0,001	0	0	0	0	0,001	0	0	0	0
.....Carbofurano	mg/L	0,005	0,0035	0,00014	0,000014	0,000014	0,000014	0,0035	0,000014	0,000014	0,000014	0,000014
.....Oxamil (Vidato)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Cuadro 4.79: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro II)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	Stellar 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH
...Fenoxi ácidos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol)	mg/L	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0
.....2-clorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4-diclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4,6-triclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Dicloroprop (2,4-DP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	mg/L	0,1	0,1	0	0	0	0,00035	0,1	0,00035	0,00035	0,00035	0,00035
.....Ácido 4-(2,4-Diclorofenoxi)butírico (2,4-DB)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCPP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,1	0,1	0,02	0,0004	0,0004	0,0004	0,1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
.....Policlorados bifenilos (PCB)	mg/L	0,1	0,1	0,005	0	0	0	0,1	0	0	0	0
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,001	0,001	0,001	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)	mg/L	0,1	0,1	0,031	0,001	0,001	0,001	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001
...Halogenados alifáticos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Dalapon	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
...Organoclorados	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Aldrina	µg/L	0,005	0,005	0,001	0,0001	0,0001	0,0002	0,005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
.....Clordano	mg/L Cl	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)	mg/L	0,005	0,005	0,00355	0,00071	0,00071	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB) (1,2-Diclorobenceno) (1,2-DCB)	mg/L	0,005	0,005	0,000186	0,0000372	0,0000372	0,00031	0,005	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031
.....1,3-Diclorobenceno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB) (1,4-Diclorobenceno) (1,4-DCB)	mg/L	0,005	0,005	0,001395	0,000279	0,000279	0,0009	0,005	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009

Cuadro 4.80: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro III)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	Stellar 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH
.....1,1-Dicloroetano	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....1,1-Dicloroetileno (1,1-Dicloroeteno)	mg/L	0,005	0,005	0,0007	0,00014	0,00014	0,0007	0,005	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
.....cis-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,005	0,005	0,0007	0,00014	0,00014	0,0007	0,005	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
.....trans-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,005	0,005	0,0007	0,00014	0,00014	0,0007	0,005	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
.....1,2-Dicloropropano	mg/L	0,005	0,005	0,00071	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Dieldrina	µg/L	5	5	0,02	0,0008	0,0008	0,004	5	0,004	0,004	0,004	0,004
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	mg/L	0,005	0,0035	0,00007	0,0000028	0,0000028	0,000014	0,0035	0,000014	0,000014	0,000014	0,000014
.....Endosulfan	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Endrina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Heptacloro	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,005	0,005	0,0037	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Hexaclorobenceno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Hexaclorociclopentadieno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Lindano	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Metoxiclono	mg/L	0,005	0,005	0,0005	0,00001	0,00001	0,00001	0,005	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
.....Metil Paratión	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Toxafeno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Tetracloruro de carbono	mg/L	0,005	0,005	0,00071	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....1,1,2-Tricloroetano	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Picloram	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Cuadro 4.81: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro IV)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	Stellar 8M36	POSC SPA 01000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH
...Organofosforados		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Clorpirifos	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,0045	0,0045	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Dimetoato	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,0002	0,0002	0,0002	0,001	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
.....Glifosato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Forato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Malathion	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Pyrethroids	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Permetrina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Quelatos	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Ácido etilendiaminotetraacético	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
...Tiocarbamato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Molinato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
...Triacinas	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Atrazina	mg/L	0,1	0,1	0,0001	0,00002	0,00002	0,00002	0,1	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
.....Simazina	mg/L	0,1	0,07	0,00007	0,000014	0,000014	0,000014	0,07	0,000014	0,000014	0,000014	0,000014
.....Terbutilazina (TBA)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
...Ureas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Clorotoluron	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
.....3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea (Isoproturón)	mg/L	0,005	0,0025	0,00005	0,00001	0,00001	0,00001	0,0025	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Tricloroeteno (Tricloroeteno (TCE))	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Tetracloroeteno (Tetracloroeteno; PCE)	mg/L	0,005	0,005	0	0	0	0,0001	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Cuadro 4.82: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro V)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	Stellar 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH
...Otros	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....1,3-Dicloropropeno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Dinoseb	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Endotal	mg/L	0,005	0,005	0,005	0	0	0	0,005	0	0	0	0
.....Pyriproxyfen	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
PVC												
Sustancias tensoactivas	mg/L											
...Detergentes	mg/L											
Trihalometanos totales (THM)	mg/L											
...Trisustituido												
.....Cloroformo	mg/L, residuo seco	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0

Cuadro 4.83: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro VI)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRRO 500	BERRRO 3000	BERRRO 4200
B.-Parámetros químicos inorgánicos												
Amonio	mg/L NH ₄	4	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Arsénico	mg/L	0,1	0	0	0,1	0,005	0,1	0,1	0,005	0,005	0,005	0,005
Bario	mg/L Ba	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Boro	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cadmio	mg/L	0,005	0,0002	0,0002	0,005	0,001	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001
Cinc	mg/L	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5
Cloro libre residual	mg/L	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
...Cloruros	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,015	0,05	0,05	0,015	0,05	0,05	0,05
Cromo (total)	mg/L	0,05	0	0	0,05	0,015	0,05	0,05	0,015	0	0	0
...Cromo (III)	mg/L	0,05	0	0	0,05	0,015	0,05	0,05	0,015	0	0	0
...Cromo (VI)	mg/L	0,05	0	0	0,05	0,015	0,05	0,05	0,015	0	0	0
Flúor	mg/L	1,7	0,34	0,34	1,7	0,85	1,7	1,7	0,85	0,34	0,34	0,34
...Fluoruro	mg/L	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Fosfato	mg/L	1	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0,02	0,02
Hierro	mg/L	1	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
Manganeso	mg/L	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,0001
Mercurio	mg/L	0,001	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00004	0,0001	0,0001	0,0001
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nitrato	mg/L NO ₃	50	1	1	50	50	50	50	50	5	5	5
Plomo	mg/L	0,05	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0	0
Selenio	mg/L	0,01	0,0004	0,0004	0,01	0,0005	0,01	0,01	0,0005	0,002	0,002	0,002
Sulfato	mg/L SO ₄	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
C.-Parámetros microbiológicos												
Bacterias	UFC/100 mL	50000	0,005	0,005	50	50	50	50	50	5	5	5
...Recuentos de colonias a 37°C	UFC/100 mL											
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	UFC/100 mL	20000	0	0	0,02	0,014	0,02	0,02	0	0,002	0,002	0
.....Coliformes fecales	UFC/100 mL	10000	0,001	0,001	10	10	10	10	10	1	1	1
...Estreptococos fecales	UFC/100 mL											

Cuadro 4.84: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro VII)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRO 500	BERRO 3000	BERRO 4200
D.-Parámetros químicos orgánicos												
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)	mg/L	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	mg/L	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
...Benzo(α)pireno	mg/L	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
...Benzo(α)anthraceno	mg/L	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
...Benzo(β) fluoranteno	mg/L	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
...Benzo(κ)fluoranteno	mg/L	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
Plaguicidas (Total)	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Plaguicida individual	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
...Aminas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....N-Nitrosodimetilamina (NDMA)	mg/L	0,005	0,000005	0,000005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000005	0,005	0,005	0,005
...Aminas cuaternarias	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Diquat	mg/L	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1
.....Paraquat	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Anilinas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Alaclor	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.....Butacloro	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Metolaclor	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.....Pendimetalina	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005
.....Trifluralina	mg/L	0,005	0,0001	0,0001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0001	0,0001	0,0001
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Aldicarbón	mg/L	0,005	0	0	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0	0	0
.....Carbofurano	mg/L	0,005	0,000014	0,000014	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,001	0,001	0,001
.....Oxamil (Vidato)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Cuadro 4.85: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro VIII)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRO 500	BERRO 3000	BERRO 4200
...Fenoxi ácidos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol)	mg/L	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1
.....2-clorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4-diclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4,6-triclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Dicloroprop (2,4-DP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	mg/L	0,1	0,00035	0,00035	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,035	0,035	0,035
.....Ácido 4-(2,4-Diclorofenoxi)butírico (2,4-DB)	mg/L	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,1	0,1
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)	mg/L	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,1	0,1
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCPP)	mg/L	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,1	0,1
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,1	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,1	0,1	0,1
.....Policlorados bifenilos (PCB)	mg/L	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)	mg/L	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)	mg/L	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1	0,1	0,1
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)	mg/L	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1	0,1	0,1
...Halogenados alifáticos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Dalapon	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
...Organoclorados	μg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Aldrina	mg/L	0,005	0,0002	0,0002	0,001	0,0005	0,001	0,001	0,0005	0,001	0,001	0,001
.....Clordano	mg/L	0,005	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,00071	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB) (1,2-Diclorobenceno) (1,2-DCB)	mg/L	0,005	0,00031	0,00031	0,001	0,00012	0,001	0,001	0,001	0,00155	0,00155	0,00155
.....1,3-Diclorobenceno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB) (1,4-Diclorobenceno) (1,4-DCB)	mg/L	0,005	0,0009	0,0009	0,001	0,00031	0,001	0,001	0,001	0,0045	0,0045	0,0045

Cuadro 4.86: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro IX)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRO 500	BERRO 3000	BERRO 4200
.....1,1-Dicloroetano	µg/L	5	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	5	5	5
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L	0,005	0	0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0	0	0
.....1,1-Dicloroetileno (1,1-Dicloroeteno)	mg/L	0,005	0,0007	0,0007	0,0002	0,0002	0,0001	0,001	0,001	0,0035	0,0035	0,0035
.....cis-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,005	0,0007	0,0007	0,0002	0,0002	0,001	0,001	0,001	0,0035	0,0035	0,0035
.....trans-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,005	0,0007	0,0007	0,0002	0,0002	0,001	0,001	0,001	0,0035	0,0035	0,0035
.....1,2-Dicloropropano	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
.....Dieldrina	µg/L	5	0,004	0,004	0,004	0,004	0,02	0,02	0,004	0,02	0,02	0,02
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	mg/L	0,005	0,000014	0,000014	0,000014	0,000014	0,00007	0,00007	0,000014	0,0001	0,0001	0,0001
.....Endosulfan	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Endrina	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Heptacloro	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Hexaclorobenceno	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Hexaclorociclopentadieno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Lindano	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,00125	0,00125	0,00125
.....Metoxiclora	mg/L	0,005	0,00001	0,00001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,0005	0,0005
.....Metil Paratión	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Toxafeno	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Tetracloruro de carbono	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,001
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)	mg/L	0,005	0	0	0,00071	0,00071	0,001	0,001	0,001	0	0	0
.....1,1,2-Tricloroetano	mg/L	0,005	0	0	0	0	0,005	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Picloram	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Cuadro 4.87: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro X)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guia)	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRO 500	BERRO 3000	BERRO 4200
...Organofosforados		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Clorpirifos	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Dimetoato	mg/L	0,005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0045	0,005	0,005	0,005
.....Glifosato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Forato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Malathion	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Pyrethroids	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Permetrina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Quelatos	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Ácido etilendiaminotetraacético	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
... Tiocarbamato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Molinato	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
.....Triacinas	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Atrazina	mg/L	0,1	0,00002	0,00002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
.....Simazina	mg/L	0,1	0,000014	0,000014	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,0001	0,0001	0,0001
.....Terbutilazina (TBA)	mg/L	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1	0,1	0,1
...Ureas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Clorotoluron	mg/L	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
.....3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea (Isoproturón)	mg/L	0,005	0,00001	0,00001	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005	0,0001	0,0001	0,0001
...Tricloroeteno+Tetracloroeteno	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))	mg/L	0,005	0	0	0,001	0,00031	0,001	0,001	0,001	0	0	0
.....Tetracloroeteno (Tetracloroetileno; PCE)	mg/L	0,005	0,0001	0,0001	0,001	0	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,0005

Cuadro 4.88: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XI)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRRO 500	BERRRO 3000	BERRRO 4200
...Otros	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....1,3-Dicloropropeno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Dinoseb	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,005	0,005
.....Endotal	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005
.....Pyriproxyfen	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	0,005
PVC	mg/L											
Sustancias tensoactivas	mg/L											
...Detergentes	mg/L	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5
Trihalometanos totales (THM)	mg/L											
...Trisustituido	mg/L, residuo seco	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5
.....Cloroformo												

Cuadro 4.89: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XII)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EUWP	IWPS	PRO 3000	MMFFS 3000	MMFFS 3000	RECOR
B-Parámetros químicos inorgánicos													
Amonio	mg/L NH ₄	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Arsénico	mg/L	0,1	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,005	0,005	0,005	0,1	0,1	,1
Bario	mg/L Ba	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Boro	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cadmio	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0002	0,001	0,001	0,001	0,005	0,005	,005
Cinc	mg/L	5	5	5	5	5	0	5	5	5	0	0	5
Cloro libre residual	mg/L	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
...Cloruros	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobre	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,015	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cromo (total)	mg/L	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
...Cromo (III)	mg/L	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
...Cromo (VI)	mg/L	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
Flúor	mg/L	1,7	0,34	0,34	0,34	0,34	0,17	0,34	0,34	0,34	1,7	1,7	1,7
...Fluoruro	mg/L	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Fosfato	mg/L	1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	1
Hierro	mg/L	1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	0	0	0,05
Manganeso	mg/L	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,001
Mercurio	mg/L	0,001	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N	50	5	5	5	5	5	5	5	5	50	50	50
Nitrato	mg/L NO ₃	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0001	0,002	0,002	0,002	0,01	0,01	0,01
Selenio	mg/L	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Sulfato	mg/L SO ₄												
C.-Parámetros microbiológicos													
Bacterias	UFC/ 100 mL	50000	5	5	5	5	0,005	5	0,005	0,005	50000	50000	50000
...Recuentos de colonias a 37°C	UFC/ 100 mL												
...Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	UFC/ 100 mL	20000	0	0	0	0	0	0	2E-06	2E-06	0	0	20000
.....Coliformes fecales	UFC/ 100 mL	10000	1	1	1	1	0,001	1	0,001	0,001	10000	10000	10000
...Estreptococos fecales													

Cuadro 4.90: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XIII)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EUPP	LWPS	PRO 3000	MMFFS 3000	MMFFS 3000	RECOR
D.-Parámetros químicos orgánicos													
Cianuro (como cianuro libre)	mg/L	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 1	0,05 0	0,05 0	0 1
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)	mg/L												
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	mg/L	0,001	100'0	100'0	100'0	0,001	0,5	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001
...Benzo(α)pireno	mg/L	0,001	100'0	100'0	100'0	0,001	0,00005	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001
...Benzo(α)anthraceno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001
...Benzo(β)fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001
...Benzo(κ)fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001
Plaguicidas (Total)	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Plaguicida individual	µg/L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
...Aminas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....N-Nitrosodimetilamina (NDMA)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Aminas cuaternarias	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Diquat	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1
.....Paraquat	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Anilinas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Alaclor	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005
.....Butacloro	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Metolaclo	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005
.....Pendimetalina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,005
.....Trifluralina	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)	Tbd	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Aldicarbón	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,005
.....Carbofurano	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0007	0,001	0,007	0,0007	0,0001	0,0001	0,0001
.....Oxamil (Vidato)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Cuadro 4.91: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XIV)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EUWP	IWPS	PRO 3000	MMFFS 3000	MMFFS 3000	RECOR
...Fenoxi ácidos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0
.....2-clorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4-diclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4,6-triclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Dicloroprop (2,4-DP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)	mg/L	0,1	0,035	0,035	0,035	0,035	0,0245	0,035	0,035	0,035	0,001	0,001	0
.....Ácido 4-(2,4-Diclorofenoxi)butírico (2,4-DB)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,1
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,1
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCPP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,1
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0004	0,0004	0,02
.....Policlorados bifenilos (PCB)	mg/L	0,1	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,1
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1
.....2,4,5-T (ácido triclorofenoxiacético)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,001	0,001	0,1
.....2,4,5-TP (Fenoprop) (Silvex)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,001	0,001	0,031
...Halogenados alifáticos	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Dalapon	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
...Organoclorados	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Aldrina	µg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
.....Clordano	mg/L Cl	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	0,005
.....1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP) (Fumazone)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,00355
.....Orto-Diclorobenceno (o-DCB) (1,2-Diclorobenceno) (1,2-DCB)	mg/L	0,005	0,00155	0,00155	0,00155	0,00155	0,00155	0,00155	0,00155	0,00155	0,001	0,001	0,0006
.....1,3-Diclorobenceno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Para-Diclorobenceno (p-DCB) (1,4-Diclorobenceno) (1,4-DCB)	mg/L	0,005	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,001	0,001	0,00155

Cuadro 4.92: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XV)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EWP	LWPS	PRO 3000	MMFFS 3000	MMFFS 3000	RECOR
.....1,1-Dicloroetano	µg/L	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0001	5
.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L	0,005	0	0	0	0	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0001	0,0001	0,00355
.....1,1-Dicloroetileno (1,1-Dicloroeteno)	mg/L	0,005	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,001	0,001	0,001
.....cis-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,005	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,001	0,001	0,001
.....trans-1,2-Dicloroetileno	mg/L	0,005	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,001	0,001	0,001
.....1,2-Dicloropropano	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0	0,00355
.....Dieldrina	µg/L	5	0,02	0,02	0,02	0,02	0,004	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	5
.....1,1,1-Tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano(DDT)	mg/L	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,000014	0,0001	0,00007	0,00007	0,0001	0,0001	0,005
.....Endosulfan	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Endrina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,0035	0,005	0,005	0,005	0	0	0,005
.....Heptacloro	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,0037
.....Hexaclorobenceno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,005
.....Hexaclorociclopentadieno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Lindano	mg/L	0,005	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0,00125	0	0	0
.....Metoxicloro	mg/L	0,005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0001	0,0001	0,005
.....Metil Paratión	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Toxafeno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,005
.....Tetracloruro de carbono	mg/L	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0007	0,001	0,001	0,001	0	0	0,00355
.....1,1,1-Tricloroetano (metilcloroformo)	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,00355
.....1,1,2-Tricloroetano	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,005
.....Picloram	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Cuadro 4.93: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XVI)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EWP	LWPS	PRO 3000	NMFFS 3000	NMFFS 3000	RECOR
...Organofosforados		0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Clorpirifos	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,0045	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Dimetoato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005
.....Glifosato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Forato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Malathion	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Pyrethroids	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Permetrina	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
...Quelatos	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Ácido etilendiaminotetraacético	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,005
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,005
... Tiocarbamato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Molinato	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,005
...Triacinas	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
.....Atrazina	mg/L	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1
.....Simazina	mg/L	0,1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00007	0,0001	0,00007	0,00007	0,0001	0,0001	0,1
.....Terbutilazina (TBA)	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,07	0,1	0,1	0,1	0,0001	0,0001	0,1
...Ureas	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Clorotoluron	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,0001	0,0001	0,005
.....3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea (Isoproturón)	mg/L	0,005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00005	0,0001	0,00005	0,00005	0,0001	0,0001	0,005
...Tricloroeteno + Tetracloroeteno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,005
.....Tricloroeteno (Tricloroetileno (TCE))	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001	0,00155
.....Tetracloroeteno (Tetracloroetileno; PCE)	mg/L	0,005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0

Cuadro 4.94: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XVII)

Parámetro	Unidad	A3 (Obligatorio/Guía)	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EUWP	LWPS	PRO 3000	MMFFS 3000	MMFFS 3000	RECOR
...Otros	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....1,2-Dibromoetano (Dibromuro de etileno (EDB))	mg/L	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00355
.....1,3-Dicloropropeno	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Dinoseb	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
.....Endotal	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0	0	0,005
.....Pyriproxyfen	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,001	0,001	0,005
PVC													
Sustancias tensoactivas	mg/L												
...Detergentes	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5
Trihalometanos totales (THM)	mg/L												
...Trisustituido	mg/L, residuo seco	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0,1
.....Cloroformo													0,5

Cuadro 4.95: Límite de eliminación de los parámetros alcanzable por las plantas de tratamiento de aguas portátiles.(Cuadro XVIII)

A continuación se muestran dos cuadros que muestran de forma gráfica la eficiencia de las distintas plantas con respecto a la legislación vigente en España para una situación ordinaria (RD 140/2003 (29)) y para el caso de emergencia (STANAG 2136 (64)). En dichos cuadros se han eliminado aquellos parámetros que o bien cumplen con la normativa o se consideran que no afectan a la salud humana por ser sólo indicadores de otros contaminantes (v.g. color). El código de colores es el siguiente:

- Verde: es eficaz.
- Rojo: no es eficaz.

La eficacia de las plantas de tratamiento de aguas portátiles con respecto a la legislación civil es la siguiente:

Parámetro	Unidad	A3 Obligatorio	Stellar 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH	ROWPU 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERR0 500	BERR0 3000	BERR0 4200	BERR0 4500	BERR0 2000/700	BERR0 4000/1500	BERR0 5000	M6	EUPW	LWPS	PRO 3000	MMFES 3000	MMFES 3000	RECOR	RD 140/2003		
B- Parámetros químicos inorgánicos	Amonio	mg/L NH ₄	4																																	0,0005
	Arsénico	mg/L	0,1																																	0,01
	Flúor	mg/L																																		
	...Fluoruro	mg/L	1,7																																	1,5
	Hierro	mg/L	1																																	0,2
D.- Parámetros químicos orgánicos	Plomo	mg/L	0,05																																	0,01
	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	mg/L	0.001																																	0,0001
	...Benzo(α)pireno	mg/L	0.001																																	0,00001
	Plaguicidas	µg/L	0,005																																	0,1
	...Organoclorados	mg/L	5																																	0,1
	.....1,1-Dicloroetano	mg/L	0,005																																	0,003
	.....1,2-Dicloroetano (1,2-DCE)	mg/L	5																																	0,03
	.....Dieldrina	µg/L	5																																	0,00003
	.....Heptacloro	mg/L	0,005																																	0,00003
	.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0,005																																	0,00003
	...Tricloroetano+Tetracloroetano	mg/L	0,005																																	0,01
	.....Tricloroetano (Tricloroetileno (TCE))	mg/L	0,005																																	0
	.....Tetracloroetano (Tetracloroetileno; PCE)	mg/L	0,005																																	0
	Trihalometanos totales (THM)	mg/L																																		0,1
	...Trisustituido	mg/L	0.5																																	0,1
.....Cloroformo	mg/L																																			

Cuadro 4.96: Eficacia de las plantas de tratamiento de aguas portátiles con respecto a la legislación civil.

La eficacia de las plantas de tratamiento de aguas portátiles con respecto a la legislación militar es la siguiente:

Parámetro	Unidad	A3 Obligatorio	STELLAR 8M36	POSC SPA 010000A	SETA 3E/1000UE	SETA 3E/3000UE	ADROWPU	Mini-ROWPU	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	LWP	ROWPU 600 GPH	ROWPU 3000GPH	ROWPU 600 GPH	TWPS 1500 GPH	ROWPU 3000GPH	TWA 3	TWA 4	TWA 6	TWA 10	TWA 15	BERRO 500	BERRO 3000	BERRO 4200	BERRO 4500	BERRO 2000/700	BERRO 4000/1500	BERRO 5000	M6	EUWP	LWPS	PRO 3000	MMFS 3000	MMFS 3000	RECOH	STANAG 2136
B.- Parámetros químicos inorgánicos																																				
Arsénico	mg/L	0.1																																		0.01
Plomo	mg/L	0.05																																		0.015
D.- Parámetros químicos orgánicos																																				
Plaguicidas																																				
...Aminas cuaternarias																																				
.....Diquat	mg/L	0.1																																		0.03
...Anilinas																																				
.....Fenoxi ácidos	mg/L	0.005																																		
.....Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0.1																																		0.01
...Halogenados alifáticos	mg/L	0.1																																		
.....Dalapon	mg/L	0.1																																		0.42
...Organoclorados	mg/L	0.005																																		
.....Heptacloro epoxídico	mg/L	0.005																																		0.0002
.....Hexaclorobenceno	mg/L	0.005																																		0.004
.....Lindano	mg/L	0.005																																		0.004
...Otros	mg/L	0.005																																		
.....1,2-Dibromocetano (Dibromuro de etileno (EDB))	mg/L	0.005																																		0.001

Cuadro 4.97: Eficacia de las plantas de tratamiento de aguas portátiles con respecto a la legislación militar.

4.3. Frontera del conocimiento

Una vez realizada la investigación bibliográfica sobre los objetivos iniciales, se procede a analizar el nivel de respuesta alcanzado, de tal forma que se defina la frontera del conocimiento actual para que a partir de la cual esta tesis doctoral presente novedad.

El nivel de respuesta permitirá definir los objetivos a investigar obtenidos de los que presenten las siguientes características:

- aquellos objetivos que se encuentren sin respuesta una vez realizada la investigación bibliográfica,
- aquellos sobre los que se han obtenido respuestas contradictorias,
- o aquellos sobre los que no se ha encontrado una justificación científica o técnica suficiente.

De los objetivos anteriores se procederá a definir los objetivos definitivos que garanticen la novedad para justificar la tesis doctoral.

4.3.1. Nivel de respuesta extraída de la investigación bibliográfica

4.3.1.1. Objetivo inicial 1.-¿se conocen todos los contaminantes que pueden afectar al hombre y al medio ambiente?

4.3.1.1.1. Objetivo inicial 1.a.-¿cuál puede ser la procedencia del agua destinada para el consumo humano? La legislación establece tres tipos de agua que pueden utilizarse para la producción de agua potable. Estos tipos de agua son determinados por una lista de valores límites de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Éstos pueden verse en el cuadro de la página 473. Sin embargo, en caso de emergencia, y tras una evaluación inicial que permita cuantificar los riesgos, se podrá valorar la posibilidad de utilizar otras fuentes.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.1.2. Objetivo inicial 1.b.-¿cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua destinada para el consumo humano? Existe un amplio

catálogo de normas y regulaciones que establecen la calidad necesaria para asegurar la salud humana. En su mayoría estas normas toman como referencia las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y establecen sus límites teniendo en cuenta el tiempo de exposición al contaminante, de tal forma que la normativa de aplicación en el ámbito civil considera un consumo prolongado y las de ámbito militar ajustan los límites a la duración de la misión (v.g. actuación en caso de emergencia).

En la página 76 se encuentra un cuadro comparativo de la legislación civil y en la 90 la militar.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.1.3. Objetivo inicial 1.c.-¿cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada? Al igual que el objetivo inicial 1.b, existen una serie de normas que regulan la calidad mínima exigida para la legislación de agua embotellada o empaquetada. En la página 101 se puede encontrar un cuadro comparativo de las distintas legislaciones tanto civiles como militares.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.1.4. Objetivo inicial 1.d.-¿cuáles son los límites de los parámetros para el agua destinada para el consumo humano en caso de emergencia? Los límites de los parámetros para el agua destinada para el consumo humano en caso de emergencia viene determinado por la legislación militar reflejada en el objetivo 1.b para la que se establece un consumo de agua inferior a un periodo de tiempo de 7 días. En la página 110 se encuentra un cuadro comparativo de la legislación militar aplicada en caso de emergencia.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.1.5. Objetivo inicial 1.e.-¿cuáles son las fuentes de contaminación sobre los cauces receptores? Las principales fuentes de contaminación definidas por los grupos de parámetros son:

- Parámetros físicos: degradación de yacimientos naturales.

- Parámetros químicos inorgánicos: efluentes de la industria y la degradación de yacimientos naturales.
- Parámetros microbiológicos: aguas residuales y las excrecciones animales.
- Parámetros químicos orgánicos: efluentes de la industria y de actividades agrícolas.
- Parámetros relacionados con la guerra química: actividades beligerantes (guerras, atentados, sabotajes, etc.).
- Parámetros relacionados con la radiactividad: actividades beligerantes (guerras, atentados, sabotajes, etc.).

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.2. Objetivo inicial 2.-¿se conoce la influencia de los contaminantes sobre la salud humana?

La influencia de los contaminantes sobre la salud humana se pueden resumir en:

- Parámetros físicos: aspectos estéticos que afectan a la salud humana al producir rechazo en su consumo, lo que implica una posible deshidratación por disminución de la palatividad.
- Parámetros químicos inorgánicos: lesiones renales, en el sistema nervioso central y en el cardiovascular, anemia e hipertensión.
- Parámetros microbiológicos: diarrea, enfermedades gastrointestinales, dolores de cabeza, fiebre, pérdida de peso, náuseas y neumonía.
- Parámetros químicos orgánicos: lesiones hepáticas y renales y pueden llegar a provocar cáncer.
- Parámetros relacionados con la guerra química: dificultad respiratoria, lesiones en el sistema nervioso central, convulsiones, espasmos musculares, dolores de cabeza, calambres, salivación excesiva, lesiones oculares, miosis, náuseas y vómitos.
- Parámetros relacionados con la radiactividad: cáncer, náuseas, diarrea y vómitos.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.3. **Objetivo inicial 3.-¿cuáles son los tratamientos que reducen esos contaminantes?**

4.3.1.3.1. Objetivo inicial 3.a.-¿cuáles son los procesos de tratamiento tipo que permiten la transformación de las aguas superficiales en agua para la alimentación según la legislación? La legislación establece los tratamientos tipo mínimos a aplicar en la transformación de aguas superficiales en agua para la alimentación.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él (13) .

4.3.1.3.2. Objetivo inicial 3.b.-¿cuáles son los tipos de tratamientos existentes en la actualidad? Los tipos de tratamientos existentes en la actualidad son los reflejados en el capítulo 2.- Generalidades.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.3.3. Objetivo inicial 3.c.-¿sobre qué parámetros tienen influencia? A grandes rasgos, los parámetros sobre los que tienen influencia los diversos grupos de tratamientos son los siguientes:

- **Tratamientos fisicoquímicos:** se utilizan principalmente para eliminar parámetros químicos inorgánicos.
- **Barrido por aire:** se utilizan para eliminar parámetros químicos orgánicos de carácter volátil.
- **Filtración:** depende del tamaño de trama. El máximo rendimiento se obtiene por el tratamiento por ósmosis inversa sobre todos los grupos de parámetros.
- **Adsorción:** se utiliza principalmente para la eliminación de parámetros químicos orgánicos.
- **Corrección del pH:** mediante esta técnica se obtiene de forma derivada la eliminación de elementos químicos inorgánicos.
- **Desinfección:** actúa principalmente para la eliminación de parámetros microbiológicos y químicos orgánicos.

Este objetivo se considera resuelto y no es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.3.4. Objetivo inicial 3.d.-¿qué rendimientos se pueden esperar de dichos tratamientos? En la página 145 se describen los rendimientos o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar al aplicar los distintos tratamientos. Sin embargo, es necesario ampliar información acerca de los tratamientos a aplicar en los siguientes parámetros:

Parámetro
B- Parámetros químicos inorgánicos
Aluminio
Amonio
Antimonio
Bismuto
Boro
Bromato
Bromuro (iones)
Cobalto
Cobre
Europio
Estroncio
Ferrocianuro
Fósforo
Fosfato
Hexanitrocobalto
Litio
Molibdeno
Niobio
Nitrógeno Kjeldahl (tranne NO ₃)
Ozono
Peróxido de hidrógeno
Plomo
Potasio
Rubido
Samario
Silicatos
Silicio
Sodio
Sulfato
Persulfato
Sulfuro de hidrógeno
Ión hidrosulfuroso
Talio
Tiocianato
Telurio
Yodo
Vanadio
Wolframio

Cuadro 4.98: Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro I

Parámetro
D.- Parámetros químicos orgánicos
Bentazona
Aceite mineral
Acetonitrilos halogenados (dicloroacetonitrilo, dibromoacetonitrilo, bromocloroacetonitrilo, tricloroacetonitrilo)
Ácidos haloacéticos (HAA5)
...Ácido monocloraacético
...Ácido dicloroacético
...Ácido tricloroacético
Benceno
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)
...Hexaclorobutadieno
Carbono orgánico total
Carbono-Tetradoruro
Cianuro (como cianuro libre)
Formaldehído (en agua como derivado del tratamiento con ozono) (metanal)
Epiclorhidrina (ECH)
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)
Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)
...Benzo(α)anthraceno
...Benzo (β) fluoranteno
...Benzo(κ)fluoranteno
Petroquímicos totales
Plaguicida
...Aminas
.....N-Nitrosodimetilamina (NDMA)
...Aminas cuaternarias
.....Diquat
.....Paraquat
...Anilinas
.....Butacloro
.....Pendimetalina
...Carbamates (Inhibidor de la colinesterasa)
.....Oxamil (Vidato)
...Fenoxi ácidos
.....2-clorofenol
.....2,4-diclorofenol
.....2,4,6-triclorofenol
.....Dicloroprop (2,4-DP)
.....Ácido 4-(2,4-Diclorofenoxi)butírico (2,4-DB)
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)

Cuadro 4.99: Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro II

Parámetro
...Halogenados alifáticos
.....Dalapon
...Organoclorados
.....1,3-Diclorobenceno
.....1,1-Dicloroetano
.....Endosulfan
.....Hexaclorobenceno
.....Hexaclorociclopentadieno
.....Metil Paratión
.....1,1,2-Tricloroetano
.....Picloram
...Organofosforados
.....Clorpirifos
.....Glifosato
.....Forato
.....Malathion
...Pyrethroids
.....Permetrina
...Quelatos
.....Ácido etilendiaminotetraacético
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)
... Tiocarbamato
.....Molinato
...Triacinas
.....Cianazina
...Otros
.....1,3-Dicloropropeno
.....Dinoseb
.....Endotal
.....Pyriproxyfen
PVC
...Adipato de di-(2-etil-hexilo) (DEHA)
...Di-(2-etil-hexilo) ftalato (DEHP)
Sustancias tensoactivas
...Aniónicas
...Detergentes

Cuadro 4.100: Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro III

Parámetro
E.- Guerra Química Agente nervioso ...Agente G .....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate) .....GB (Sarín) (Isopropylmethylphosphonofluoridate) .....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramido-cyanidate) ...Agente V .....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl) methylphosphonothioate) Agente incapacitante ...Agente 15 (BZ) (1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate) Agente sanguíneo ...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico) Agente vesicante ...Lewisita (2-chloroethenyldichloroarsine) ...HD(Gas mostaza)(Bis- [2-Chloroethyl] sulfide) Toxinas ...Microcistina ...Micotoxina T-2 ...Toxina Butulínica ...Toxina Cl perfringens ...Enterotoxina estafilócica B ...Tricotecenos ...Saxitoxina ...Tetrodotoxina

Cuadro 4.101: Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro IV

Parámetro
F.- Radiactividad Actividad bruta de partículas alfa Dosis indicativa total Elementos radiológicos ...Cesio-137 ...Estroncio-90 ...Plomo-210 ...Radón-222 ...Tritio ...Yodo-131 Emisores de partículas beta y de fotones Gamma

Cuadro 4.102: Parámetros de los que se desconoce el rendimiento o el valor límite de la concentración que se puede alcanzar. Cuadro V

Este objetivo se considera no resuelto y es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.3.5. Objetivo inicial 3.e.-¿qué tratamientos se pueden considerar necesarios? En la página 168 se han enumerado los distintos tratamientos que las autoridades científicas consideran que son necesarios para eliminar los parámetros perjudiciales que alberga el agua.

En el caso de tratamientos de emergencia, la legislación militar simplifica la serie de tratamientos en dos procesos únicamente de la siguiente forma (64):

- para contaminación con parámetros químicos se utilizará ósmosis inversa;

- y para contaminación con parámetros microbiológicos se utilizará ultra-filtración y ósmosis inversa. Además, se tendrá en cuenta la turbidez.

Ante la falta de resultados de una analítica del agua, se considerará ese agua bruta como contaminada y sólo tras un tratamiento de ósmosis inversa se podrá considerar la calidad como aceptable.

Analizando la información anterior se puede concluir que los parámetros de los cuales se desconoce un tratamiento efectivo o es necesario investigar sobre él son los siguientes:

Parámetro
B- Parámetros químicos inorgánicos
Aluminio
Amonio
Bismuto
Boro
Bromuro (iones)
Cobalto
Europio
Estroncio
Ferrocianuro
Fósforo
Fosfato
Hexanitrocobalto
Litio
Molibdeno
Niobio
Ozono
Peróxido de hidrógeno
Rubido
Samario
Silicatos
Silicio
Sulfato
Persulfato
Sulfuro de hidrógeno
Ión hidrosulfuroso
Tiocianato
Telurio
Yodo
Vanadio
Wolframio

Cuadro 4.103: Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro I

Parámetro
D.- Parámetros químicos orgánicos
Bentazona
Aceite mineral
Acetonitrilos halogenados (dicloroacetonitrilo, dibromoacetonitrilo, bromocloroacetonitrilo, tricloroacetonitrilo)
Benceno
...Dioxina (2,3,7,8-TCDD)
...Hexaclorobutadieno
Carbono orgánico total
Carbono-Tetradoruro
Formaldehído (en agua como derivado del tratamiento con ozono) (metanal)
Epiclorhidrina (ECH)
Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)
Petroquímicos totales
Plaguicida
...Aminas
.....N-Nitrosodimetilamina (NDMA)
...Aminas cuaternarias
.....Diquat
.....Paraquat
...Anilinas
.....Butacloro
.....Pendimetalina
...Fenoxi ácidos
.....Clorofenoles (2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-triclorofenol)
.....2-clorofenol
.....2,4-diclorofenol
.....2,4,6-triclorofenol
.....Dicloroprop (2,4-DP)
.....Ácido 4-(2,4-Diclorofenoxi)butírico (2,4-DB)
.....Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)
.....2 (2-metil-chlorophenoxy) (Mecoprop) (MCP)
.....Pentaclorofenol (PCP)
.....Policlorados bifenilos (PCB)
.....2,3,4,6-Tetraclorofenol
.....2,4,6-triclorofenol (TCP)
.....2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético)

Cuadro 4.104: Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro II

Parámetro
...Halogenados alifáticos
.....Dalapon
...Organoclorados
.....1,3-Diclorobenceno
.....1,1-Dicloroetano
.....Endosulfan
.....Endrina
.....Heptacloro epoxídico
.....Hexaclorobenceno
.....Hexaclorociclopentadieno
.....Metil Paratión
.....1,1,2-Tricloroetano
.....Picloram
...Organofosforados
.....Clorpirifos
.....Dimetoato
.....Glifosato
.....Forato
.....Malathion
...Pyrethroids
.....Permetrina
...Quelatos
.....Ácido etilendiaminotetraacético
.....Ácido nitrilotriacético (NTA)
... Tiocarbamato
.....Molinato
...Triacinas
.....Terbutilazina (TBA)
.....Cianazina
...Ureas
.....Clorotoluron
...Otros
.....1,3-Dicloropropeno
.....Dinoseb
.....Endotal
.....Pyriproxyfen
PVC
...Adipato de di-(2-etil-hexilo) (DEHA)
...Di-(2-etil-hexilo) ftalato (DEHP)
Sustancias tensoactivas
...Aniónicas
...Detergentes

Cuadro 4.105: Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro III

Parámetro
E.- Guerra Química
Agente nervioso
...Agente G
.....GD (Somán)(Pinacolyl methyl phosphonofluoridate)
.....GB (Sarín) (Isopropylmethylphosphonofluoridate)
.....GA (Tabún)(Dimethylphosphoramido-cyanidate)
...Agente V
.....VX(O-ethyl S-(2-Diisopropylaminoethyl) methylphosphonothioate)
Agente incapacitante
...Agente 15 (BZ)(1-azabicyclo[2.2.2]oct-3-yl hydroxy(diphenyl)acetate)
Agente sanguíneo
...Cianuro de hidrógeno (Ácido cianhídrico)
Agente vesicante
...Lewisita (2-chloroethenyldichloroarsine)
...HD(Gas mostaza)(Bis- [2-Chloroethyl] sulfide)
Toxinas
...Micotoxina T-2

Cuadro 4.106: Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro IV

Parámetro
F.- Radiactividad
Actividad bruta de partículas alfa
Dosis indicativa total
Elementos radiológicos
...Cesio-137
...Estroncio-90
...Plomo-210
...Radón-222
...Tritio
...Yodo-131
Emisores de partículas beta y de fotones
Gamma

Cuadro 4.107: Parámetros de los que se desconoce un tratamiento efectivo. Cuadro V

Este objetivo se considera no resuelto y es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.1.3.6. Objetivo inicial 3.f.-¿qué equipos existen en la actualidad para el tratamiento de aguas en situaciones de emergencias y qué rendimiento

se espera de ellos? Una vez analizadas las distintas plantas compactas que existen comercialmente en la actualidad y los rendimientos de eliminación de los distintos parámetros contaminantes, se puede concluir que existen una serie de parámetros que las distintas plantas no pueden eliminar. Éstos se encuentran en la página 212. Analizando estos resultados se pueden establecer cuatro grupos de plantas de menor a mayor eficacia.

- Grupo 1: Plantas compactas basadas principalmente en sistemas de filtración.
  - Stellar 8M36
  - Mini-ROWPU
  - RECOR
- Grupo 2: Plantas compactas basadas principalmente en tratamientos de microfiltración y/o ultrafiltración.
  - TWA 3
  - TWA 4
  - TWA 6
  - TWA 10
  - TWA 15
  - MMFFS 3000
  - MMFFS 3000
- Grupo 3: Plantas compactas basadas principalmente en tratamientos de ósmosis inversa.
  - POSC SPA 010000A
  - BERRO 500
  - BERRO 3000
  - BERRO 4200
  - BERRO 4500
  - BERRO 2000/700
  - BERRO 4000/1500
  - BERRO 5000
  - M6
  - EUWP
  - LWPS

- PRO 3000
- Grupo 4: Plantas compactas multibarrera que permiten teóricamente asegurar la calidad de agua potable.
  - SETA 3E/1000UE
  - SETA 3E/3000UE
  - ADROWPU
  - ROWPU 600 GPH
  - ROWPU 3000GPH
  - LWP
  - ROWPU 600 GPH
  - TWPS 1500 GPH
  - ROWPU 3000GPH

Este objetivo se considera no resuelto y es necesario continuar investigando sobre él.

4.3.2. Cuadro resumen

El código de colores es el siguiente:

Verde: completo.
Rojo: incompleto.

Nº	Objetivo	Nivel de respuesta
1	¿Se conocen todos los contaminantes que pueden afectar al hombre y al medio ambiente?	Completo
1.a	¿Cuál puede ser la procedencia del agua destinada para el consumo humano?	Completo
1.b	¿Cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua destinada para el consumo humano?	Completo
1.c	¿Cuál es la calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada?	Completo
1.d	¿Cuáles son los límites de los parámetros para el agua destinada para el consumo humano en caso de emergencia?	Completo
1.e	¿Cuáles son las fuentes de contaminación sobre los cauces receptores?	Completo
2	¿Se conoce la influencia de los contaminantes sobre la salud humana?	Completo
3	¿Cuáles son los tratamientos que reducen esos contaminantes?	Incompleto
3.a	¿Cuáles son los procesos de tratamiento tipo que permiten la transformación de las aguas superficiales en agua para la alimentación según la legislación?	Completo
3.b	¿Cuáles son los tipos de tratamientos existentes en la actualidad?	Completo
3.c	¿Sobre qué parámetros tienen influencia?	Completo
3.d	¿Qué rendimientos se pueden esperar de dichos tratamientos?	Incompleto
3.e	¿Qué tratamientos se pueden considerar necesarios?	Incompleto
3.f	¿Qué equipos existen en la actualidad para el tratamiento de aguas en situaciones de emergencias y qué rendimiento se espera de ellos?	Incompleto

Cuadro 4.108: Cuadro resumen de la investigación bibliográfica.

Capítulo 5

Objetivos definitivos de la investigación

Una vez realizada la investigación bibliográfica para dar contestación a los objetivos iniciales definidos en el capítulo 3, han permanecido una serie de preguntas sin contestar relacionadas con el rendimiento de los tratamientos para eliminar una serie de parámetros ampliamente definidos por las autoridades en la materia tanto institucionales como académicas y sobre cómo se disponen comercialmente esos tratamientos de forma seriada para conformar las plantas compactas de tratamientos de agua portátiles.

Los objetivos definitivos se han determinado de entre los objetivos iniciales que no se ha podido encontrar solución o era contradictoria. Además, se han tenido en cuenta otras consideraciones como la disponibilidad de créditos para la investigación o la accesibilidad a ciertos compuestos por no distribuirse comercialmente o no disponer de los medios necesarios para evitar la contaminación del medio ambiente o del personal durante su manipulación para el desarrollo de los ensayos.

Los objetivos definitivos (OBJDEF) son:

1. **OBJDEF 1:** Profundizar en el conocimiento del rendimiento de eliminación del boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico.
2. **OBJDEF 2:** Profundizar en el conocimiento del rendimiento de eliminación del boro, cobre y molibdeno mediante procesos de coagulación, floculación y decantación.
3. **OBJDEF 3:** Profundizar en el conocimiento del rendimiento de eliminación del 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular.

4. **OBJDEF 4:** Profundizar en el conocimiento del rendimiento de eliminación del 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de oxidación avanzada.
5. **OBJDEF 5:** Verificar el rendimiento teórico de las plantas compactas comerciales en servicio, en particular la SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36.
6. **OBJDEF 6:** Proponer la mejora de las líneas existentes con los procesos analizados, señalando la garantía sanitaria que se puede alcanzar.

Capítulo 6

Metodología de la investigación.

6.1. Metodología aplicada.

Con objeto de dar contestación a los objetivos definitivos de esta Tesis Doctoral, se articularon tres líneas de investigación (LI) independientes:

- **LI 1 “Inorgánicos”**: Investigación sobre la eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico y de coagulación-floculación-decantación.
- **LI 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”**: Investigación sobre la eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular y de oxidación avanzada.
- **LI 3 “Plantas portátiles”**: Investigación sobre plantas existentes portátiles para verificar su rendimiento teórico y proponer mejoras.

6.1.1. Justificación de los parámetros de estudio.

6.1.1.1. LI 1 “Inorgánicos”.

Se han seleccionado los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno por los siguientes motivos:

- **Boro**: La información relativa a este parámetro es escasa en relación a los procesos de tratamiento y el rendimiento de eliminación. No es un parámetro al que se le preste una atención especial, ya que la concentración admisible es muy superior comparada con los otros parámetros por lo que podría representar una amenaza.

- **Cobre:** La información relativa a este parámetro está ampliamente contrastada y permite establecerlo como parámetro de control. Además, se desconoce el rendimiento de eliminación asociado a los distintos procesos de tratamiento, por lo que su estudio añade novedad a esta Tesis Doctoral.
- **Molibdeno:** La información relativa a este parámetro es escasa. Se desconocen los efectos sobre la salud humana y los procesos de tratamiento para alcanzar su eliminación, al igual que sus rendimientos.

6.1.1.2. LI 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”.

Se han seleccionado los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno por los siguientes motivos:

- **Clorobenceno:** La información relativa a este parámetro es confusa, ya que, por un lado, la OMS no propone ningún valor de referencia y, por otro, se constatan los efectos dañinos sobre la salud humana. Además, existen discrepancias entre los procesos de tratamiento y el rendimiento de eliminación.
- **1,1 Dicloroetano:** No existe información relativa con este parámetro en relación a los procesos de tratamiento y el rendimiento de eliminación.
- **1,2 Dicloroetano:** La información relativa a este parámetro no es concluyente en relación al rendimiento de los procesos para su eliminación.
- **1,3 Dicloropropeno:** No existe información relativa con este parámetro en relación a los procesos de tratamiento y el rendimiento de eliminación.
- **Hexacloro 1,3 butadieno:** La información relativa a este parámetro es escasa en relación a los procesos de tratamiento y el rendimiento de eliminación.

6.1.1.3. LI 3 “Plantas portátiles”.

Se han seleccionado las plantas portátiles SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36 por estar en servicio en el Ejército de Tierra Español y ser empleadas con asiduidad en situaciones de emergencias tanto en territorio nacional como en zona de operaciones. Para el empleo de estas plantas portátiles se tramitó la correspondiente solicitud de Acción de Cooperación en virtud de los acuerdos entre el Ministerio de Defensa y la Universidad Politécnica de Madrid.

6.2. Parámetros que intervienen en el proceso.

- Parámetros físicos
  - Conductividad a 20°C
  - pH
  - Turbidez
  - Potencial REDOX
  - Radiación UV-C
- Parámetros químicos inorgánicos
  - Aluminio
  - Antimonio
  - Arsénico
  - Boro
  - Cadmio
  - Cobre
  - Cromo
  - Hierro
  - Manganeseo
  - Molibdeno
  - Níquel
  - Ozono
  - Peróxido de hidrógeno
  - Plomo
  - Titanio (dióxido de titanio)
  - Uranio
- Parámetros químicos orgánicos
  - Clorobenceno
  - 1,1 Dicloroetano
  - 1,2 Dicloroetano
  - 1,3 Dicloropropeno
  - Hexacloro 1,3 butadieno

- Parámetros plantas portátiles

- Stellar 8M36
- SETA 3E/1000UE

Como fuentes bibliográficas se han utilizado las “Guidelines for drinking-water quality, 4^a Ed.”¹ de la Organización Mundial de la Salud (66), la normativa de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (25, 26, 86, 88) y el libro “Abastecimiento y Distribución de Agua” del Director de esta Tesis Doctoral D. Aurelio Hernández Muñoz (42).

6.2.1. Parámetros físicos.

6.2.1.1. Conductividad a 20°C.

La conductividad es una medida de la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica. La conductividad en agua se ve afectada por la presencia de sólidos inorgánicos disueltos, tales como cloruro, nitrato, sulfato y aniones fosfato (iones que llevan una carga negativa) o de sodio, magnesio, calcio, hierro, y cationes de aluminio (iones que llevan una carga positiva). Los compuestos orgánicos como el aceite, el fenol, el alcohol y el azúcar no son buenos conductores de la corriente eléctrica y por lo tanto producen una baja conductividad cuando están en el agua. La conductividad también se ve afectada por la temperatura: a mayor temperatura, mayor es la conductividad. Por esta razón, la conductividad se ha normalizado como conductividad a 25 grados Celsius (25° C).

La conductividad se mide en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). El agua destilada tiene una conductividad en el intervalo de 0,5 a 3 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

6.2.1.2. pH.

El pH expresa la concentración de iones H_3O^+ y viene determinado por el logaritmo decimal con signo cambiado de la concentración del iones hidronio. Aunque el pH generalmente no tiene impacto directo en los consumidores, es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua y se considera necesario su control en todas las etapas de tratamiento. Es un término usado para indicar la alcalinidad o la acidez de una sustancia según la clasificación en una escala desde 1,0 (más ácido) hasta 14,0 (más básico). El valor de pH 7,0 se considera neutro. El pH óptimo requerido variará en diferentes suministros de acuerdo a la composición

---

¹Recomendaciones sobre la calidad de agua potable.

del agua y la naturaleza de los materiales de construcción utilizados en el sistema de distribución, pero se estima en el rango de 6,5 a 8,5.

6.2.1.3. Turbidez.

La turbidez es una medida de la claridad del agua. Es causada por partículas en suspensión² o materia coloidal que obstruye la transmisión de luz a través del agua. Puede ser causada por materia orgánica o inorgánica o su combinación. La turbidez se mide por unidades de turbidez nefelométricas (NTU) y se puede apreciar por el ojo a partir de 4,0 NTU. Sin embargo, para garantizar la eficacia de la desinfección, la turbidez no debe tener un valor superior a 1 NTU.

6.2.1.4. Potencial REDOX.

El potencial REDOX (E_0) es la diferencia de potencial eléctrico medido contra el punto 0 de un electrodo normal de hidrógeno. Un valor positivo indica que el ambiente es favorable a las reacciones de oxidación y, por contra, un valor negativo es favorable a las de reducción. Los cambios en el potencial REDOX afectan directamente a la solubilidad de muchos micronutrientes esenciales, entre los que se destacan el hierro y el manganeso que a valores altos existen de forma trivalente y tetravalente respectivamente (Fe^3 y Mn^4).

6.2.1.5. Radiación UV-C.

La porción del espectro electromagnético que abarca la franja del ultravioleta se encuentra entre las longitudes de onda de 100 y 400 nm, en particular la porción UV-C se encuentra entre 200 y 280 nm.

6.2.2. Parámetros químicos inorgánicos.

6.2.2.1. Aluminio.

- **N° CAS:** 7429-90-5
- **Fuente de contaminación:** El aluminio es el elemento metálico más abundante de la corteza terrestre (8 %). Las sales de aluminio son ampliamente utilizadas en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir los niveles de materia en suspensión, el color, la turbidez y los microorganismos. Este uso

---

²Partículas del suelo (arcilla, limo y arena), algas, plancton, microbios y otras sustancias. Estos materiales están típicamente en el rango de tamaño de 0,004 mm (arcilla) a 1,0 mm (arena).

puede conducir a aumento de las concentraciones de aluminio en el agua tratada. Las concentraciones residuales altas pueden producir un color indeseable y turbidez. La ingesta de aluminio por medio de los alimentos, sobre todo los que contienen compuestos de aluminio utilizados como aditivos alimentarios, representa la principal vía de exposición del aluminio. La contribución del agua potable a la exposición oral al aluminio es por lo general menos de 5 % de la ingesta total.

- **Efectos sobre la salud humana:** Altas concentraciones producen un color indeseable y un aumento de la turbidez, lo que puede provocar deshidratación por rechazo.
- **Toxicidad:** No se tiene constancia de que la ingestión de aluminio pueda provocar efectos adversos sobre la salud humana, aunque se especula que pudiera tener influencia en la aparición de la enfermedad de Alzheimer.
- **Subproductos:** La principal fuente de contaminación, además de las de origen natural, son las sales de aluminio utilizado como coagulantes en el tratamiento del agua potable. La presencia de aluminio en concentraciones en exceso de 0,1 - 0,2 mg/L a menudo producen rechazo como resultado de la deposición de hidróxido de aluminio y la exacerbación de la decoloración de agua. Bajo buenas condiciones de funcionamiento, las concentraciones de aluminio de menos de 0,1 mg/L son alcanzables en muchas circunstancias.
- **Valor guía:** La OMS no propone ningún valor de referencia para el aluminio en el agua potable. Sin embargo, la Unión Europea establece un valor de 0,2 mg/L (200 $\mu\text{g/L}$).
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 1,8 mg/día
- **Límite de detección:** Mediante ICP-MS (ICP-MS): 4 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:**

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Organización
Filtración	Ósmosis Inversa		USEPA
Adsorción	Intercambio Iónico	100	AWWA

Cuadro 6.1: Rendimientos alcanzables parámetro aluminio

6.2.2.2. Antimonio.

- **Nº CAS:** 7440-36-0

- **Fuente de contaminación:** El antimonio es un metal que se encuentra en depósitos naturales formando parte de aleaciones con cobre, plomo o estaño, efluentes de refinerías de petróleo, retardadores de fuego, cerámicas, pigmentos, productos electrónicos y soldadura como sustitutivo del plomo, aunque hay poca evidencia de cualquier contribución significativa al agua potable. Se considera que el antimonio no es normalmente un contaminante del agua bruta.
- **Efectos sobre la salud humana:** Puede llegar a provocar aumento de colesterol en la sangre y disminuir el azúcar en la sangre, lo que supone aumento de colesterolemia e hipoglucemia.
- **Toxicidad:** La forma de antimonio en el agua potable es un determinante clave de la toxicidad, y parece que el antimonio lixiviado a partir de materiales que contienen antimonio sería en la forma de la antimonio (V) oxo-anión, que es la forma menos tóxica. La toxicidad subcrónica de trióxido de antimonio es inferior a la de tartrato de potasio y antimonio, que es la forma más soluble. El trióxido de antimonio, debido a su baja biodisponibilidad, es genotóxico sólo en algunas pruebas in vitro, pero no in vivo, mientras que antimonio soluble (III) ejerce efectos genotóxicos in vitro e in vivo. No se disponen de experimentos con animales que permitan cuantificar el potencial cancerígeno de los compuestos de antimonio solubles o insolubles. La IARC ha concluido que el trióxido de antimonio es posiblemente cancerígeno para los seres humanos (Grupo 2B) sobre la base de un estudio de inhalación en ratas, pero que trisulfuro de antimonio no era clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos (Grupo 3). Sin embargo, la absorción oral crónica de tartrato de antimonio de potasio no puede estar asociado con un riesgo carcinogénico adicional, como el antimonio después de la exposición por inhalación fue carcinogénico sólo en el pulmón, pero no en otros órganos y es conocido por causar daño pulmonar directa después de la inhalación crónica como consecuencia de sobrecarga con partículas insolubles. Aunque hay algunas pruebas de la carcinogenicidad de ciertos compuestos de antimonio por inhalación, no hay datos que indiquen carcinogenicidad por vía oral.
- **Valor guía:** 0,02 mg/L (20 µg/L)
  - **Concentración en agua subterránea:** <0,001 µg/L.
  - **Concentración en agua superficial:** <0,2 µg/L.
  - **Concentración en agua potable:** <5 µg/L.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante espectrometría de absorción atómica electrotermica (AAS)** 0,01 mg/L.

- **Mediante ICP-MS (ICP-MS):** 0,1-1 g/L.
  - **Mediante AAS de horno de grafito:** 0,8 mg/L.
  - **Mediante generación de hidruros AAS:** 5 g/L.
- **Rendimiento del tratamiento:** Los procesos de tratamiento convencionales no eliminan el antimonio.

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación		USEPA + USACHPPM
Filtración	Ósmosis Inversa	100	USEPA + USACHPPM + AWWA
Filtración	Electrodialisis	100	AWWA
Desinfección	Oxidación		USEPA

Cuadro 6.2: Rendimientos alcanzables parámetro antimonio

6.2.2.3. Arsénico.

- **Nº CAS:** 7440-38-2
- **Fuente de contaminación:** El arsénico contamina el agua potable por infiltración en depósitos naturales, como effluente de actividades agrícolas, mineras, fundiciones e industriales³ y también se utiliza en pinturas, tintes, metales, drogas y jabones.
- **Efectos sobre la salud humana:** Puede llegar a provocar lesiones en la piel (hiperqueratosis y cambios de pigmentación), neuropatía periférica, trastornos circulatorios y un mayor riesgo de contraer cáncer de piel, de vejiga y de pulmón y enfermedad vascular periférica.
- Signos de arsenicismo crónica, incluyendo lesiones dérmicas tales como cáncer de piel hiperpigmentación e hipopigmentación, neuropatía periférica, la vejiga y los cánceres de pulmón y enfermedad vascular periférica, se han observado en las poblaciones que ingieren agua de beber contaminada con arsénico.⁴

³Como conservante de la madera, residuos producidos en la fabricación de vidrio y productos electrónicos (semiconductores).

⁴Lesiones dérmicas fueron el síntoma más comúnmente observado, que se producen después de períodos de exposición mínimos de aproximadamente 5 años. Efectos sobre el sistema cardiovascular se observaron en los niños que consumen agua contaminada con arsénico (concentración media de 0,6 mg/L) durante un promedio de 7 años.

- **Toxicidad:** Ambos compuestos de arsénico pentavalente solubles y trivalentes se absorben rápida y extensamente en el tracto gastrointestinal. El metabolismo se caracteriza por la reducción del pentavalente al arsénico trivalente y por la metilación oxidativa de arsénico trivalente para formar monometilados, dimetilados y trimetilados. La metilación de arsénico inorgánico facilita la excreción de arsénico inorgánico del cuerpo mediante la orina.

La arsina se considera que es la forma más tóxica, seguido por los arsenitos, los arseniatos y compuestos orgánicos de arsénico. Se ha informado que la intoxicación aguda por arsénico asociado con la ingestión de agua de pozo que contiene concentraciones muy altas (21,0 mg/L) de arsénico.

Hay pruebas abrumadoras de que el consumo de niveles elevados de arsénico a través del agua potable está directamente relacionado con el desarrollo de cáncer.

- **Valor guía:** 0,01 mg/L (10 μ g/L)
- **Probabilidad de existencia:** El valor de referencia se designa como provisional sobre la base de los resultados del tratamiento y la viabilidad analítica. El arsénico se encuentra ampliamente en la corteza de la Tierra en los estados de oxidación de -3, 0, 3 y 5, a menudo como sulfuros o arseniuros metálicos o arseniatos. En el agua, que está principalmente presente como arseniato (5), pero en condiciones anaeróbicas, es probable que se presente como arsenito (3). Se presenta en aguas naturales en concentraciones de menos de 1 a 2 μ g/L. Sin embargo, en las aguas subterráneas, donde hay depósitos de minerales de sulfuro y depósitos sedimentarios derivados de rocas volcánicas, las concentraciones pueden ser significativamente elevadas. El arsénico se encuentra en la dieta, particularmente en peces y mariscos en forma orgánica que es menos tóxica. Sólo hay datos limitados sobre la proporción de arsénico inorgánico en los alimentos, pero éstos indican que aproximadamente el 25 % está presente en la forma inorgánica, dependiendo del tipo de alimento. Aparte de la exposición ocupacional, las rutas más importantes de la exposición son a través de los alimentos y el agua potable, incluyendo bebidas que están hechos de agua potable. Cuando la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 μ g/L o superior, esta será la principal fuente de ingesta.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** El arsénico no se ha demostrado ser esencial en los seres humanos. La toxicidad aguda de los compuestos de arsénico en los seres humanos depende de su tasa de eliminación del cuerpo.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante ICP-MS (ICP-MS):** 0,1 μ g/L.
  - **Mediante AAS de horno de grafito:** 2 μ g/L.
  - **Mediante generación de hidruros AAS:** 2 μ g/L.

- **Rendimiento del tratamiento:** Es técnicamente factible alcanzar concentraciones de arsénico de $5 \mu\text{g/L}$ o inferior utilizando cualquiera de varios métodos de tratamiento posibles. Sin embargo, esto requiere la optimización de procesos cuidadoso y control, y una expectativa más razonable es que 10 mg/L debe ser alcanzable mediante tratamiento convencional (por ejemplo, la coagulación).

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación	80	0.005	OMS + USEPA + USACHPPM
Filtración	Microfiltración			USEPA
Filtración	Ósmosis Inversa	80	0.005	OMS + USACHPPM
Adsorción	Intercambio Iónico	100	0.005	OMS + USEPA + USACHPPM + AWWA
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)			USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento por precipitación	80	0.005	OMS
Desinfección	Oxidación			USEPA + USEPA

Cuadro 6.3: Rendimientos alcanzables parámetro arsénico

6.2.2.4. Boro.

- **Nº CAS:** 7440-42-8
- **Fuente de contaminación:** Los compuestos de boro se utilizan en la fabricación de vidrio, jabones y detergentes y como retardantes de llama. El boro producido naturalmente está presente en el agua subterránea principalmente como resultado de la lixiviación de rocas y suelos que contienen boratos y borosilicatos.
- **Efectos sobre la salud humana:** Puede provocar lesiones en el sistema reproductor masculino.
- **Toxicidad:** Se han observado lesiones testiculares en ratas, ratones, conejos y perros que recibieron ácido bórico en los alimentos o el agua potable. Los resultados negativos en un gran número de ensayos de mutagenicidad indican que el ácido bórico no es genotóxico. En estudios a largo plazo en ratones y ratas, el ácido bórico no causó ningún aumento en la incidencia de tumores.
- **Valor guía:** $2,4 \text{ mg/L}$ ($2400 \mu\text{g/L}$)
- **Probabilidad de existencia:** Las concentraciones varían ampliamente y dependen de la geología y de los vertidos de aguas residuales; en la mayor parte

del mundo, la concentración de boro en el agua potable se estima que es inferior a 0,5 mg/L.

- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 0,17 mg/kg.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante espectroscopia de emisión atómica ICP-AES:** 6-10 $\mu\text{g/L}$.
  - **Mediante ICP-MS:** 0,15 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:** El tratamiento convencional del agua (coagulación, sedimentación, filtración) no elimina significativamente boro. Los procesos de intercambio de iones y de ósmosis inversa pueden permitir una reducción sustancial, aunque es probable que sean prohibitivamente costosos. El único método económico para reducir las concentraciones de boro en las aguas puede ser diluirlo con otras fuentes que tengan una baja concentración (66). Sin embargo, otros autores consideran que es posible alcanzar una eliminación del 98 % con procesos de ablandamiento cal-soda a pH entre 8,5 y 11,13 y, en menor medida, en la coagulación con sulfato férrico (18).

6.2.2.5. Cadmio.

- **Nº CAS:** 7440-43-9
- **Fuente de contaminación:** Las principales fuentes de contaminación son la corrosión de los tubos galvanizados, la erosión de depósitos naturales, los efluentes de refinerías de metales, la escorrentía de las baterías usadas y residuos de pinturas, industria de chapado de metal y esmaltado, fotografía, baterías solares y fósforo en televisores. Sin embargo, los alimentos son la principal fuente de exposición diaria al cadmio.
- **Efectos sobre la salud humana:** Puede llegar a provocar lesiones renales dado que se acumula principalmente en los riñones cuando se alcanza una concentración de 200 mg/kg de peso seco.
- **Toxicidad:** La absorción de compuestos de cadmio depende de la solubilidad de los compuestos. Se absorbe aproximadamente el 6 % condicionado por la aportación de calcio y proteínas. El cadmio se acumula principalmente en los riñones y permanece en ellos entre 10 y 35 años. Hay pruebas de que el cadmio es cancerígeno por inhalación, y la IARC ha clasificado el cadmio y los compuestos de cadmio en el Grupo 2A (probablemente cancerígeno para los seres humanos). Sin embargo, no hay evidencia de carcinogenicidad por vía oral ni de su genotoxicidad.
- **Valor guía:** 0,003 mg/L (3 $\mu\text{g/L}$).

- **Probabilidad de existencia:** Entre 0,1 y 10 $\mu\text{g/L}$.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 25 $\mu\text{g/kg}$.
- **Límite de detección:**
  - Mediante espectroscopia de emisión ICP-óptica 0,3 $\mu\text{g/L}$.
  - Mediante ICP-MS (ICP-MS): 0,01 $\mu\text{g/L}$.
  - Mediante AAS de llama: 2 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:** 0,002 mg/L debe ser alcanzable mediante coagulación o precipitación por ablandamiento.

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación	80	0.002	OMS + USEPA + USACHPPM
Filtración	Ósmosis Inversa	80	0.002	OMS + USEPA + USACHPPM
Adsorción	Intercambio Iónico	80	0.002	OMS + USEPA + USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)			USEPA + USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento por precipitación	80	0.002	OMS

Cuadro 6.4: Rendimientos alcanzables parámetro cadmio

6.2.2.6. Cobre.

- **Nº CAS:** 7440-50-8
- **Fuente de contaminación:** Las principales fuentes de contaminación son la corrosión de tuberías domésticas, erosión de depósitos naturales y percolado de conservantes de madera. El cobre es a la vez un nutriente esencial y un contaminante del agua potable. Se utiliza para hacer tuberías, válvulas y accesorios y está presente en aleaciones y recubrimientos. El sulfato de cobre pentahidratado se adiciona de forma extensiva en las aguas superficiales para el control de algas.
- **Efectos sobre la salud humana:** A corto plazo puede provocar molestias gastrointestinales que a largo plazo se pueden transformar en lesiones hepáticas o renales. Puede provocar sabor amargo indeseable y tinción del agua lo que puede provocar deshidratación por rechazo.

- **Toxicidad:** Los datos disponibles sobre la toxicidad en animales de laboratorio no se consideraron útiles para establecer el límite superior del rango aceptable de ingesta oral debido a la incertidumbre sobre un modelo apropiado para los seres humanos. Los datos sobre los efectos gastrointestinales de cobre se deben utilizar con precaución, ya que los efectos observados están influenciadas por la concentración de cobre ingerido a una mayor medida que la masa total o dosis ingerida en un periodo de 24 horas. Estudios recientes han establecido el umbral para los efectos del cobre en el agua potable en el tracto gastrointestinal a corto plazo, pero todavía hay cierta incertidumbre sobre los efectos a largo plazo del cobre en las poblaciones sensibles, como portadores del gen de la enfermedad de Wilson y otros trastornos de la homeostasis del cobre.
- **Subproductos:** La presencia de cobre en el suministro de agua potable se debe generalmente a la corrosión de las tuberías de cobre de los edificios. Altos niveles de oxígeno disuelto pueden acelerar este proceso de corrosión. La tinción de artículos en contacto (sanitarios, lavandería, etc.) puede ocurrir con concentraciones de cobre superiores a 1 mg/L. A niveles por encima de 5 mg/L, el cobre también imparte un color y un sabor amargo indeseable al agua. Aunque el cobre puede dar lugar a sabor, debe ser aceptable en el valor de referencia basado en la salud de 2 mg/L.
- **Valor guía:** 2 mg/L (2000 µg/L).
- **Probabilidad de existencia:** La concentración en el agua potable varía entre 0,005 y 30 mg/L.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 2 o 3 mg/día en adultos.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante espectroscopia de emisión ICP-óptica:** 0,3 µg/L.
  - **Mediante ICP-MS (ICP-MS):** 0,02-0,1 µg/L.
  - **Mediante AAS de llama:** 0,5 µg/L.
- **Rendimiento del tratamiento:** El cobre no se elimina mediante procesos de tratamiento convencionales. Sin embargo, el cobre no es normalmente un contaminante del agua bruta.

Sistema	Tratamiento	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación	USACHPPM
Filtración	Ósmosis Inversa	USACHPPM
Adsorción	Intercambio Iónico	USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)	USACHPPM
Corrección de pH	Modificación del pH (Control de la Corrosión)	USEPA + USACHPPM

Cuadro 6.5: Rendimientos alcanzables parámetro cobre

6.2.2.7. Cromo.

- **Nº CAS:** 7440-47-3
- **Fuente de contaminación:** El cromo se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre. Puede existir en valencias de 2-6. En general, la comida parece ser la fuente principal de la ingesta. El cromo (III) es un nutriente esencial.
- **Efectos sobre la salud humana:**
  - **Toxicidad:** En un estudio de carcinógenesis a largo plazo en ratas que recibieron cromo (III) por la ruta oral, no se observó aumento en la incidencia de tumores. En ratas, el cromo (VI) es un carcinógeno a través de la vía de inhalación, aunque un estudio NTP ha mostrado evidencia de carcinogenicidad por vía oral a dosis altas. Sin embargo, hay pruebas de que la relación dosis-respuesta a dosis bajas no es lineal, porque el cromo (VI) se reduce a cromo (III) en el estómago y el tracto gastrointestinal. En los estudios epidemiológicos, la asociación se ha encontrado entre la exposición al cromo (VI) por la vía de inhalación y cáncer de pulmón. IARC ha clasificado el cromo (VI) en el Grupo 1 (cancerígeno humano) y el cromo (III) en el Grupo 3 (no clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos). Los compuestos de cromo (VI) son activos en una amplia gama de in vitro y en ensayos de genotoxicidad in vivo, mientras que los de cromo (III) no lo son.
- **Valor guía:** 0,05 mg/L (50 µg/L).
- **Rendimiento del tratamiento:**

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación		0.015	OMS + USEPA + USACHPPM
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Filtración	100		
Filtración	Ósmosis Inversa	100		USEPA + USACHPPM
Filtración	Electrodialisis	100		
Adsorción	Intercambio Iónico	100		USEPA + USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)	100		USEPA + USACHPPM

Cuadro 6.6: Rendimientos alcanzables parámetro cromo

6.2.2.8. Hierro.

- **N° CAS:** 7439-89-6
- **Fuente de contaminación:** El hierro es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. El hierro también puede estar presente en el agua potable como resultado de la utilización de coagulantes de hierro o la corrosión del acero y tubos de hierro fundido durante la distribución de agua.
- **Toxicidad:** El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana, en particular en el estado de oxidación de hierro (II). Las estimaciones del requisito mínimo diario de hierro dependen de la edad, sexo, estado fisiológico y la biodisponibilidad del hierro y el rango de aproximadamente 10 a 50 mg/día. Como medida de precaución contra el almacenamiento en el cuerpo del exceso de hierro, en 1983, el JECFA estableció una IDTMP de 0,8 mg/kg de peso corporal, que se aplica al hierro de todas las fuentes a excepción de los óxidos de hierro utilizadas como agentes colorantes y suplementos de hierro tomadas durante el embarazo y la lactancia o para las necesidades clínicas específicas. Una asignación de 10 % de este IDTMP al agua potable se obtiene un valor de alrededor de 2 mg/L, que no presenta un peligro para la salud. El sabor y la apariencia del agua potable por lo general se ven afectados por debajo de este nivel.
- **Subproductos:** Las aguas subterráneas anaeróbicas pueden contener hierro ferroso en concentraciones de hasta varios miligramos por litro sin decoloración o turbidez en el agua cuando se bombea directamente de un pozo. En la exposición a la atmósfera, sin embargo, el hierro ferroso se oxida a hierro férrico, dando un color rojizo-marrón en el agua que produce rechazo. El hierro también promueve el crecimiento de bacterias "de hierro", que derivan su energía

de la oxidación de hierro ferroso a hierro férrico y en el proceso de depósito de una capa viscosa en la tubería. En los niveles superiores a 0,3 mg/L, el hierro tiñe los elementos de lavandería y las tuberías. Por lo general, no tiene sabor perceptible en concentraciones de hierro por debajo de 0,3 mg/L, aunque se puede rechazar por el incremento de turbidez y color.

- **Valor guía:** La OMS no propone ningún valor de referencia para el hierro en el agua potable. Sin embargo, la Unión Europea establece un valor de 0,2 mg/L (200 μ g/L).
- **Probabilidad de existencia:** Se encuentra en aguas dulces naturales a niveles que van de 0,5 a 50 mg/L.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 0,8 mg/kg.
- **Rendimiento del tratamiento:**

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación			Aurelio Hernández Muñoz
Decantación	Decantación primaria			Aurelio Hernández Muñoz
Filtración	Filtración lenta			Aurelio Hernández Muñoz
Filtración	Filtración rápida			Aurelio Hernández Muñoz
Filtración	Ósmosis Inversa	98		OMS
Adsorción	Intercambio Iónico	100		AWWA
Adsorción	Carbón Activo Granular	100		Aurelio Hernández Muñoz + AWWA
Adsorción	Carbón Activo en polvo	100		AWWA
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)	100		AWWA
Desinfección	Oxidación			USEPA

Cuadro 6.7: Rendimientos alcanzables parámetro hierro

6.2.2.9. Manganeso.

- **Nº CAS:** 7439-96-5
- **Fuente de contaminación:** El manganeso es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre y su presencia está asociada a la del hierro. Se utiliza principalmente en la fabricación de aleaciones de hierro y acero, como un oxidante para la limpieza, blanqueo y desinfección (como permanganato de potasio) y como un ingrediente en varios productos. Más recientemente,

se ha utilizado en un compuesto orgánico, el metilciclopentadienil tricarbonilo de manganeso, o MMT, como un potenciador de octanaje en la gasolina en América del Norte.

- **Efectos sobre la salud humana:** Puede provocar sedimentos, coloración del agua y un sabor amargo y metálico, lo que puede provocar deshidratación por rechazo.
- **Toxicidad:** El manganeso es un elemento esencial para los seres humanos y los animales. Aunque se han realizado estudios epidemiológicos que reportan efectos neurológicos adversos tras la exposición prolongada a niveles muy altos en el agua potable, hay una serie de factores de confusión potenciales significativos en estos estudios, y una serie de otros estudios no han podido observar efectos adversos después de la exposición a través de agua potable. Los datos experimentales en animales, especialmente los datos de roedores, no son apropiados para la evaluación del riesgo humano, porque los requerimientos fisiológicos de manganeso varían entre las diferentes especies. Además, los roedores tienen un valor limitado en la evaluación de los efectos neuroconductuales, porque los efectos neurológicos (por ejemplo, temblores, trastornos de la marcha) observados en los primates son a menudo precedidas o acompañadas de síntomas psicológicos (por ejemplo, irritabilidad, labilidad emocional), que no son evidentes en roedores. El único estudio de los primates es de uso limitado en una evaluación cuantitativa del riesgo porque sólo un grupo de dosis se ha estudiado en un pequeño número de animales y el contenido de manganeso en la dieta basal no fue proporcionada.
- **Subproductos:** El manganeso provoca con concentraciones superiores a 0,1 mg/L un sabor indeseable en las bebidas y manchas en artículos sanitarios y de lavandería. La presencia de manganeso en el agua potable, como la de hierro, puede conducir a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones inferiores a 0,1 mg/L son generalmente aceptables para los consumidores. Incluso a una concentración de 0,2 mg/L, manganeso menudo se forma un recubrimiento sobre tuberías, que pueden desprenderse como un precipitado negro.
- **Valor guía:** 0,4 mg/L (400 µg/L).
- **Probabilidad de existencia:** El manganeso ocurre naturalmente en muchas fuentes de agua superficial y subterránea, especialmente en condiciones de oxidación anaerobia o bajos, y esta es la fuente más importante de agua potable. El manganeso se encuentra naturalmente en muchos alimentos, y la mayor exposición a manganeso es por lo general de los alimentos.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 11 mg/día en adultos

- **Rendimiento del tratamiento:** La eliminación del manganeso depende de su solubilidad⁵. Durante el proceso de aireación-filtración, el oxígeno disuelto en la atmósfera reacciona con su forma soluble para producir óxidos relativamente insolubles. Sin embargo, la velocidad de reacción es muy lenta, por lo que es necesario elevar el pH a más de 9,5 (18) o utilizar un método adicional. También se pueden utilizar fitros de arenisca verde (recubierta de manganato).

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación	50		Aurelio Hernández Muñoz + OMS
Decantación	Decantación primaria			Aurelio Hernández Muñoz
Filtración	Filtración lenta			Aurelio Hernández Muñoz
Filtración	Filtración rápida			Aurelio Hernández Muñoz
Filtración	Ósmosis Inversa	80	0.05	OMS
Adsorción	Carbón Activo Granular	100		Aurelio Hernández Muñoz + AWWA
Adsorción	Carbón Activo en polvo	100		AWWA
Desinfección	Oxidación		0.05	USEPA + OMS
Desinfección	Cloración	80	0.05	OMS
Desinfección	Ozonización	80	0.05	OMS

Cuadro 6.8: Rendimientos alcanzables parámetro manganeso

6.2.2.10. Molibdeno.

- **Nº CAS:** 7439-98-7
- **Fuente de contaminación:** El molibdeno se encuentra naturalmente en el suelo y se utiliza en la fabricación de aceros especiales y en la producción de tungsteno y pigmentos, como aditivos para lubricantes y en la agricultura como aditivo para prevenir su carencia. El molibdeno se encuentra de forma natural en el suelo y se utiliza en la fabricación de aceros especiales y en la producción de tungsteno y pigmentos, aditivos de lubricantes y en la agricultura para prevenir su deficiencia en los cultivos.
El molibdeno se considera que es un elemento esencial, con un requerimiento diario estimado de 0,1 a 0,3 mg para adultos.
- **Valor guía:** 0,07 mg/L

⁵La forma bivalente Mn^{+2} es soluble mientras que la forma tetravalente Mn^{+4} es insoluble.

- **Probabilidad de existencia:** Las concentraciones en el agua potable suelen ser inferior a 0,01 mg/L, aunque se tiene conocimiento de concentraciones de hasta 200 $\mu\text{g/L}$ en áreas cercanas a los yacimientos.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 0,1 a 0,3 mg/día en adultos.

6.2.2.11. Níquel.

- **N° CAS:** 7440-02-0
- **Fuente de contaminación:** El níquel se utiliza principalmente en la producción de aleaciones de acero inoxidable y níquel. La contaminación puede provenir de efluentes de acerías o de la degradación de elementos de fontanería en contacto con la red de distribución. Los alimentos son la principal fuente de exposición al níquel por ingestión.
- **Efectos sobre la salud humana:**
- **Toxicidad:** La IARC llegó a la conclusión de que los compuestos de níquel inhalados son cancerígenos para los humanos (Grupo 1) y que el níquel metálico es posiblemente cancerígeno (Grupo 2B). Sin embargo, no existen estas evidencias si se trata de ingestión. La dermatitis de contacto alérgica es el efecto más frecuente de níquel en la población general.
- **Valor guía:** 0,07 mg/L (70 $\mu\text{g/L}$).
- **Probabilidad de existencia:** La concentración en el agua potable es normalmente inferior a 0,02 mg/L, aunque el níquel liberado por la grifería puede contribuir hasta 1 mg/L.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 12 $\mu\text{g/kg}$.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante espectroscopia de emisión atómica ICP-AES** 10 $\mu\text{g/L}$.
  - **Mediante ICP-MS (ICP-MS):** 0,1 $\mu\text{g/L}$.
  - **Mediante AAS de llama:** 0,5 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:** Se puede alcanzar una concentración de 20 $\mu\text{g/L}$ a través de tratamientos convencionales (por ejemplo, coagulación), aunque cuando se detecta su origen natural en las aguas subterráneas se utiliza el intercambio iónico.

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación		0.02	OMS
Filtración	Ósmosis Inversa	100		USACHPPM + AWWA
Filtración	Electrodialisis	100		AWWA
Adsorción	Intercambio Iónico	99.4		USACHPPM + AWWA
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)	100		USACHPPM + AWWA

Cuadro 6.9: Rendimientos alcanzables parámetro níquel

6.2.2.12. Ozono.

El ozono (N° CAS 10028-15-6) es una partícula compuesta por tres átomos de oxígeno. Se genera in situ al pasar aire seco a presión u oxígeno puro a través de un electrodo de alto voltaje y se aplica en el agua como un gas. Se utiliza como oxidante químico en el tratamiento de aguas para eliminar olores, controlar el sulfuro de hidrógeno, eliminar el color, eliminar hierro y manganeso, desinfectar, controlar el crecimiento del biofilm y el biofouling durante el tratamiento de las aguas y en los componentes del sistema de distribución y para la oxidación de ciertos compuestos orgánicos (63). Su poder de generación de radicales hidroxilos ($\text{HO}\cdot$) aumenta al combinarlo con radiación ultravioleta y con peróxido de hidrógeno. El proceso combinado es el denominado oxidación avanzada.

6.2.2.13. Peróxido de hidrógeno.

El peróxido de hidrógeno (N° CAS 7722-84-1) es un compuesto formado por dos átomos de hidrógeno y dos de oxígeno que es altamente inestable descomponiéndose rápidamente en agua y oxígeno con una alta liberación de calor. Se utiliza como un potente oxidante.

6.2.2.14. Plomo.

- **N° CAS:** 7439-92-1
- **Fuente de contaminación:** El plomo es un metal tóxico que se utilizó durante muchos años como material de construcción (cañerías, tejados, etc.). La principal fuente de contaminación son residuos incorporados al agua procedentes de la pintura a base de plomo en casas antiguas, la corrosión de cañerías y la soldadura en el hogar. El plomo se utiliza principalmente en la producción de baterías, soldadura y aleaciones. El tetraetilo y tetrametilo de plomo también se han utilizado ampliamente como antidetonante en la gasolina y

agentes lubricantes, aunque su uso para estos fines en muchos países en gran medida ha sido eliminado. El plomo está presente raramente en el agua del grifo como consecuencia de su disolución de fuentes naturales; más bien, su presencia se debe principalmente a los efectos corrosivos del agua sobre los sistemas de abastecimiento que contienen elementos fabricados con plomo: tuberías, soldaduras, accesorios o conexiones.

- **Efectos sobre la salud humana:** La exposición al plomo se asocia con una amplia gama de efectos, incluyendo efectos del desarrollo neurológico, hipertensión, trastornos renales, alteraciones en la fertilidad y el embarazo e incluso la mortalidad (principalmente debido a enfermedades cardiovasculares).
- **Toxicidad:** Incluso en niveles bajos, el plomo puede causar una serie de efectos en la salud incluyendo problemas de comportamiento y dificultades de aprendizaje. El deterioro de neurodesarrollo en niños se asocia generalmente con concentraciones de plomo en sangre más bajas que los otros efectos, el peso de la evidencia es mayor para los efectos del desarrollo neurológico que para otros efectos sobre la salud y los resultados entre los estudios son más consistentes que las de otros efectos. Para los adultos, los efectos adversos asociados con menores concentraciones de plomo en sangre para los que el peso de la evidencia es mayor y más consistente es un aumento de plomo-asociado de la presión arterial sistólica. JECFA concluyó que los efectos sobre el desarrollo neurológico y la presión arterial sistólica proporcionado las bases apropiadas para los análisis de dosis-respuesta.
- **Valor guía:** 0,01 mg/L (10 $\mu\text{g/L}$).
- **Probabilidad de existencia:** Las concentraciones en el agua potable son generalmente inferiores a 5 $\mu\text{g/L}$, aunque las concentraciones mucho más altas (por encima de 100 $\mu\text{g/L}$) se han medido en accesorios de plomo están presentes. La fuente primaria de plomo es de conexiones de servicio y fontanería en edificios; Por lo tanto, el plomo se debe medir en el grifo. Las concentraciones de plomo también pueden variar de acuerdo con el periodo en que el agua ha estado en contacto con los materiales que contienen plomo.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 25 $\mu\text{g/kg}$.
- **Límite de detección:**
  - **límite práctico de cuantificación en la región:** 1-10 $\mu\text{g/L}$.
  - **Mediante AAS:** 1 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:** Dado que la principal fuente de contaminación son elementos que adicionan el plomo posteriormente a su tratamiento, no se han propuesto sistemas para su eliminación.

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación			USACHPPM
Filtración	Ósmosis Inversa	98		USACHPPM
Adsorción	Intercambio Iónico	100		USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)			USACHPPM
Corrección de pH	Modificación del pH (Control de la Corrosión)			USEPA + USACHPPM

Cuadro 6.10: Rendimientos alcanzables parámetro plomo

6.2.2.15. Titanio. (Dióxido de titanio)

El dióxido de titanio (TiO_2) (CAS Reg. No. 13463-67-7) se utiliza como fotocatalizador en tratamientos de radiación ultravioleta. Se utiliza comercialmente como mejorador de la blancura y opacidad de un amplio espectro de productos como pinturas, revestimientos, plásticos, papel, tintas de impresión, láminas de cubiertas granulares, comida, medicina, pasta dental, cosméticos y productos protectores de la piel como crema solar.

6.2.2.16. Uranio.

- **N° CAS:** 7440-61-1
- **Fuente de contaminación:** El uranio está muy extendido en la naturaleza, que se producen en granitos y otros depósitos minerales. Se utiliza principalmente como combustible en las centrales nucleares. El uranio está presente en el medio ambiente como resultado de la lixiviación de depósitos naturales, la liberación de relaves, las emisiones de la industria nuclear, la combustión de carbón y otros combustibles y el uso de fertilizantes fosfatados que contienen uranio. La ingesta de uranio a través del aire es baja, y parece que la ingesta a través de alimentos es de entre 1 y 4 $\mu\text{g}/\text{día}$.
- **Toxicidad:** No hay datos suficientes respecto a la carcinogenicidad de uranio en humanos y animales experimentales. La nefritis es el principal efecto inducido químicamente del uranio en los seres humanos. Hay poca información disponible sobre los efectos crónicos de la exposición al uranio del medio ambiente en los seres humanos. Una serie de estudios epidemiológicos de poblaciones expuestas al uranio en el agua potable han demostrado una correlación con fosfatasa alcalina y β -microglobulina en la orina, junto con alteraciones

modestas en la función tubular proximal. Sin embargo, las medidas reales estaban todavía dentro del rango fisiológico normal, y estos resultados no son consistentes entre los estudios.

No clara concentración sin efecto ha surgido de los estudios en humanos hasta la fecha. Esto no es sorprendente, ya que la mayoría de las poblaciones de estudio son bastante pequeñas, y no hay variación normal sustancial en los parámetros medidos en la población humana. Sin embargo, las indicaciones generales son que no hay una evidencia clara de los efectos de la exposición por debajo de una concentración de $30 \mu\text{g/L}$. De hecho, la evidencia de efectos sobre el riñón, lo que parece ser el órgano más sensible, es equívoca hasta que las concentraciones de exposición mucho más altos.

- **Valor guía:** $0,03 \text{ mg/L}$ ($30 \mu\text{g/L}$). El valor de referencia se designa como provisional debido a las incertidumbres científicas que rodean la toxicidad del uranio.
- **Probabilidad de existencia:** La ingesta a través del agua de consumo es normalmente muy bajo; Sin embargo, en circunstancias en que el uranio está presente en una fuente de agua potable, la mayoría de la ingesta puede ser a través del agua de bebida. Los niveles en el agua potable son generalmente menos de $1 \mu\text{g/L}$, aunque las concentraciones de hasta $700 \mu\text{g/L}$ se han medido en los suministros privados.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** $60 \mu\text{g}$, derivados del límite inferior de confianza del percentil 95 de la distribución de la exposición al uranio.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante fluorometría sólida con excitación con láser o luz UV**
 $0,1 \mu\text{g/L}$.
  - **Mediante ICP-MS (ICP-MS):** $0,01 \mu\text{g/L}$.
  - **Mediante ICP utilizando adsorción con resinas de quelatos:** $0,2 \mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:**

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Floculación Decantación	80	0.001	OMS + USACHPPM
Filtración	Ósmosis Inversa	100		James E. Smith Jr + USACHPPM + AWWA
Filtración	Electrodialisis	100		AWWA
Adsorción	Intercambio Iónico	100	0.001	OMS
Corrección de pH	Ablandamiento con cal (lime softening)			USACHPPM
Corrección de pH	Ablandamiento por precipitación	50		OMS

Cuadro 6.11: Rendimientos alcanzables parámetro uranio

6.2.3. Parámetros químicos orgánicos.

6.2.3.1. Clorobenceno.

- **N° CAS:** 108-90-7
- **Fuente de contaminación:** El monoclórobenceno (MCB) es un líquido orgánico incoloro con un olor a almendras débil. Se utiliza en la fabricación de otros productos químicos orgánicos, colorantes e insecticidas. También se utiliza un disolvente para adhesivos, medicamentos, caucho, pinturas y limpieza en seco, y como agentes fibra hinchazón en el procesamiento textil. Se cree que sus emisiones al medio ambiente son debidas principalmente a las pérdidas por volatilización asociadas con su uso como disolvente en la producción de plaguicidas, como desengrasante y de otras aplicaciones industriales.
- **Efectos sobre la salud humana:** Puede provocar trastornos hepáticos, renales y del sistema hematopoyético.
- **Toxicidad:** El MCB es de baja toxicidad aguda. La exposición oral a dosis altas de MCB afecta principalmente al hígado, los riñones y el sistema hematopoyético. Hay evidencias de carcinogenicidad en ratas macho, con dosis altas el aumento de la aparición de nódulos neoplásicos en el hígado. La mayoría de la evidencia sugiere que el MCB no es mutagénico.
- **Subproductos:** Produce olor con concentraciones de 10 a 20 $\mu\text{g/L}$ de olor y sabor a partir 40 y 120 $\mu\text{g/L}$. Un valor de referencia basado en la salud no se ha derivado de monoclórobenceno, aunque el valor basado en la salud que pueden derivarse supera con creces el umbral de sabor y olor más bajo reportado en el agua.

- **Valor guía:** La OMS no propone ningún valor de referencia para el clorobenceno en el agua potable. Sin embargo, la EPA establece un valor de 0,1 mg/L (100 $\mu\text{g/L}$).
- **Probabilidad de existencia:** El MCB se ha detectado en la superficie del agua, las aguas subterráneas y el agua potable; concentraciones medias fueron inferiores a 1 $\mu\text{g/L}$ en algunas fuentes de agua potable en Canadá. La principal fuente de exposición humana es probablemente el aire.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 85,7 $\mu\text{g/kg}$.
- **Rendimiento del tratamiento:**

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Filtración	29	WA
Barrido de aire	Aireación (Air stripping)	80	AWWA
Barrido de aire	Aireación por difusores	80	WA
Barrido de aire	Aireación (Packed column aeration y Carbón Activo Granular + Torre de aireación (Packed Tower Aeration) Sólo para gases)	80	James E. Smith Jr + USACHPPM + WA
Filtración	Ósmosis Inversa	80	WA
Adsorción	Carbón Activo Granular	80	USACHPPM + WA + AWWA
Adsorción	Carbón Activo en polvo	99	WA
Desinfección	Oxidación	90	WA
Desinfección	Ozonización	90	WA

Cuadro 6.12: Rendimientos alcanzables parámetro clorobenceno

6.2.3.2. 1,1 Dicloroetano.

- **Nº CAS:** 75-34-3
- **Fuente de contaminación:** El 1,1 dicloroetano se utiliza como producto químico intermedio de otros productos y como disolvente.
- **Efectos sobre la salud humana:** Se metaboliza rápidamente por los mamíferos a ácido acético y una variedad de compuestos clorados. Puede provocar un aumento en la incidencia de hemangiosarcomas.

- **Toxicidad:** Baja toxicidad aguda. Un estudio de carcinogenicidad en ratones y ratas no aportó pruebas concluyentes de carcinogenicidad, aunque hubo algunas pruebas de un aumento de la incidencia de hemangiosarcomas en los animales tratados.
- **Valor guía:** La OMS no propone ningún valor de referencia para el 1,1 Dicloroetano en el agua potable. Sin embargo, ACNUR establece un valor de 0,0003 mg/L (0,3 µg/L).
- **Probabilidad de existencia:** Hay pocos datos que muestran que puede estar presente en concentraciones de hasta 10 µg/L en agua potable, principalmente en aguas subterráneas.

6.2.3.3. 1,2 Dicloroetano.

- **Nº CAS:** 107-06-2
- **Fuente de contaminación:** La principal fuente de contaminación procede de efluentes de fábricas de productos químicos industriales. Se utiliza principalmente como producto químico intermedio en la producción de cloruro de vinilo y otros productos químicos y en menor medida como disolvente. Fue utilizado como un agente de barrido para el tetraetilo de plomo en la gasolina.
- **Efectos sobre la salud humana:** Pueden aumentar el riesgo a contraer cáncer.
- **Toxicidad:** La IARC ha clasificado al 1,2 dicloroetano en el Grupo 2B (posible cancerígeno humano). Se ha demostrado que produce aumentos estadísticamente significativos en diversos tipos de tumores en animales de laboratorio⁶ pudiendo concluirse que es potencialmente genotóxico. Ha afectado en animales de laboratorio al sistema inmunológico, sistema nervioso central, el hígado y el riñón. Los datos indican que el 1,2 dicloroetano es menos potente cuando se inhala.
- **Valor guía:** 0,03 mg/L (30 µg/L)
- **Probabilidad de existencia:** Se ha encontrado en el agua potable a niveles de hasta unos pocos microgramos por litro.
- **Límite de detección:**
  - **Mediante cromatografía de gases con detección de fotoionización:** 0,03 µg/L.

---

⁶Incluyendo el hemangiosarcoma.

- **Mediante cromatografía de gases con detector de conductividad electrolítica:** 0,03-0,2 $\mu\text{g/L}$.
  - **Mediante cromatografía de gases con espectrómetro de masas:** 0,06-2.8 $\mu\text{g/L}$.
  - **Mediante cromatografía de gases con detección de ionización de llama (FID):** 5 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:** 0,0001 mg/L (0,1 $\mu\text{g/L}$) mediante tratamiento con CAG.

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Organización
Tratamientos fisicoquímicos	Coagulación Filtración	29	WA
Barrido de aire	Aireación (Air stripping)	30	OMS
Barrido de aire	Aireación por difusores	77	WA
Barrido de aire	Aireación (Packed column aeration y Carbón Activo Granular + Torre de aireación (Packed Tower Aeration) Sólo para gases)	80	USEPA + USACHPPM + WA
Filtración	Ósmosis Inversa	70	WA
Adsorción	Carbón Activo Granular	80	USEPA + OMS + USACHPPM + WA
Desinfección	Oxidación	29	WA
Desinfección	Ozonización	30	OMS
Desinfección	Oxidación avanzada	50	OMS

Cuadro 6.13: Rendimientos alcanzables parámetro 1,2-dicloroetano (1,2-DCE)

6.2.3.4. 1,3 Dicloropropeno.

- **Nº CAS:** 542-75-6 mezcla de isómeros; 10061-01-5 isómero cis; 10061-02-6 isómero trans.
- **Fuente de contaminación:** 1,3-dicloropropeno es un fumigante de suelo, en particular los nematodos en suelos arenosos. El producto comercial es una mezcla de isómeros cis y trans. A pesar de su alta presión de vapor, es soluble en agua y, por lo tanto, puede ser considerado como un potencial contaminante del agua.
- **Toxicidad:** 1,3-dicloropropano (Nº CAS 142-28-9) tiene varios usos industriales y puede ser encontrado como contaminante de desinfectantes que contienen

1,3-dicloropropeno, aunque rara vez es encontrado en el agua. Existen indicios de que puede ser genotóxico en sistemas bacterianos. Los datos disponibles se consideran insuficientes para determinar un valor de referencia.

- **Valor guía:** 0,02 mg/L (20 $\mu\text{g/L}$)
- **Probabilidad de existencia:** Se ha encontrado en las aguas superficiales y subterráneas en concentraciones de unos pocos $\mu\text{g/L}$.

6.2.3.5. Hexacloro 1,3 butadieno.

- **N° CAS:** 87-68-3
- **Fuente de contaminación:** Se utiliza como disolvente en la producción de cloro gas, pesticidas y como producto intermedio en la fabricación de compuestos de caucho y un lubricante. El HCBd también se encuentra en el aire y los alimentos.
- **Efectos sobre la salud humana:** El HCBd se absorbe y se metaboliza a través de la conjugación con glutatión fácilmente. Este conjugado puede ser metabolizado adicionalmente a un derivado nefrotóxico. No se observaron tumores renales en un estudio oral a largo plazo en ratas. HCBd no ha demostrado ser cancerígenos por otras vías de exposición. IARC ha colocado HCBd en el Grupo 3 (no clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos), aunque se han detectado resultados contradictorios en ensayos realizados a bacterias.
- **Valor guía:** 0,0006 mg/L (0,6 $\mu\text{g/L}$).
- **Probabilidad de existencia:** Se ha detectado en aguas superficiales en concentraciones de unos pocos $\mu\text{g/L}$ y en el agua potable en concentraciones inferiores a 0,5 $\mu\text{g/L}$. Se han alcanzado concentraciones de hasta 6 $\mu\text{g/L}$ en efluentes de plantas de fabricación de productos químicos.
- **Cantidad tolerable de ingesta diaria:** 0.2 $\mu\text{g/kg}$.
- **Límite de detección:**
  - Mediante cromatografía de gases con detector de conductividad electrolítica: 0,18 $\mu\text{g/L}$.
  - Mediante cromatografía de gases con espectrómetro de masas: 0,01 $\mu\text{g/L}$.
- **Rendimiento del tratamiento:**

Sistema	Tratamiento	Rdto elimin. (%)	Concentración alcanzable (mg/L)	Organización
Adsorción	Carbón Activo Granu- lar	80	0.001	OMS + AWWA

Cuadro 6.14: Rendimientos alcanzables parámetro hexacloro 1,3 butadieno

6.3. Metodología aplicada para la cuantificación de los parámetros.

Dada la entidad de las concentraciones a medir de los distintos parámetros, del orden de $\mu\text{g/L}$, y la necesidad de exactitud y precisión de las mediciones, se hizo necesario solicitar una Acción de Cooperación en virtud de los acuerdos entre el Ministerio de Defensa y la Universidad Politécnica de Madrid al Inspector General de Sanidad del Ministerio de Defensa para realizar la analítica en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (Madrid).

Las técnicas analíticas utilizadas en los ensayos de esta Tesis Docotoral son las determinadas en el libro “Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales” (16), en el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition” (1), la normativa del International Organization for Standardization (ISO) y las normas UNE (Una Norma Española) de los Comités Técnicos de Normalización (CTN) de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).

En el caso del Instituto de Toxicología de la Defensa y a partir de las técnicas analíticas anteriores, se definen los protocolos de trabajo internos de esta institución denominados procedimientos normalizados de trabajo (PNT) que vienen reflejados en el cuadro de la página 262. En este cuadro se pueden apreciar los materiales y equipos principales asociados a estas técnicas analíticas. La vinculación de los PNT con los parámetros de estudio son los reflejados en los cuadros de la página 267.

Además de lo anterior, se utilizaron una serie de aparatos y equipos del laboratorio de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid para la determinación in situ de los parámetros intervinientes en el desarrollo de las baterías de ensayos aplicando los métodos contenidos en las anteriores publicaciones. Los aparatos y equipo principales son los reflejados en la página 266.

PNT	Método de determinación analítica	Objetivo	Documentación de referencia	Materiales y equipos	Marca	Modelo
27	Espectr Absorción Atómica Llama	Identificar y cuantificar el calcio (Ca) en muestras de agua destinadas al consumo humano.		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
28	Espectr Absorción Atómica Llama	Identificar y cuantificar el magnesio (Mg) en muestras de agua destinadas al consumo humano.		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
29	ICP Espectrometría Masas	Identificar y cuantificar el potasio (K) presente en las muestras de agua		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
30	ICP Espectrometría Masas	Identificar y cuantificar el sodio (Na) presente en las muestras de agua		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
31	ICP Espectrometría Masas	Identificar y cuantificar el Al, As, B, Cd, Cu, Mn, Sb, Se, Ni, Cr, Ag, Ba, Be, Co, Sn y otros elementos traza en muestras de aguas destinadas al consumo humano mediante ICP-MS		Espectrometro de masas ICP	Perkin Elmer	ICP-MS ELAN 610
32	Espectr Absorción Atómica Llama PNT32	Identificar y cuantificar el cobre (Cu) en muestras de agua destinadas al consumo humano.		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
33	Espectr Absorción Atómica Llama	Identificar y cuantificar el hierro (Fe) en muestras de agua destinadas al consumo humano.		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
34	ICP Espectrometría Masas PNT 34	Identificar y cuantificar el manganeso (Mn) en muestras de agua destinadas al consumo humano.		Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300	Perkin Elmer	AAAnalyst 300
36	Espectr Absorción Atómica Vapor Frío	Identificar y cuantificar el mercurio (Hg) en aguas para el consumo humano con FIMS		Sistema de análisis de mercurio con inyección de flujo que utiliza la técnica de espectroscopía de absorción atómica y vapor frío (CV AAS).	Perkin Elmer	FIMS-400 con automuestreador AS-90
38	Filtración en Membrana. ENSAYO ACREDITADO POR ENAC, CON ACREDITACIÓN n°610/LE 1703	Determinar y cuantificar la existencia de la Escherichia Coli y bacterias coliformes en muestras de agua.	ISO 9308-1: Calidad de agua. Detección y recuento de la Escherichia Coli y bacterias coliformes.	Dispositivo de filtración en membrana, conforme a norma ISO 8199		

Cuadro 6.15: Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (I)

PNT	Método de determinación analítica	Objetivo	Documentación de referencia	Materiales y equipos	Marca	Modelo
39	Filtración en Membrana. ENSAYO ACREDITADO POR ENAC, CON ACREDITACIÓN n°610/LE 1703	Determinar y cuantificar la existencia de enterococos intestinales en muestras de agua.	ISO 7899 Determinación y recuento de enterococos intestinales en aguas de consumo público, piscinas y otros tipos de aguas limpias y desinfectadas	Dispositivo de filtración en membrana, conforme a norma ISO 8199		
43	Siembra en Profundidad	Determinar y cuantificar los microorganismos cultivables presentes en el agua.	ISO 6222:1999 para la enumeración de microorganismos cultivables presentes en el agua, mediante recuento de colonias que se forman en un medio de cultivo de agar nutritivo tras su siembra en profundidad y su incubación en condiciones aerobias a 37 °C y 22 °C; ISO 8199 Calidad del agua. Guía general para la enumeración de microorganismos en medios de cultivo.			
45	Conductimetría	Determinación de la conductividad en aguas de consumo, envasadas y residuales		Conductímetro	THERMO	ORION 150
46	Potenciometría	Determinación del pH en aguas de consumo, envasadas y residuales		Potenciómetro	THERMO	ORION 720
47	Turbidimetría	Determinación de la turbidez en aguas de consumo, envasadas y residuales	Manual de instrucciones y mantenimiento del equipo	Turbidímetro	EUTECH	TN-100
51	Filtración en Membrana	Determinar y cuantificar la existencia del Clostridium Perfringens en muestras de agua envasadas por filtración de membrana, aunque puede extenderse a todo tipo de aguas que no contengan material en suspensión que interfiera en la filtración.	ISO 6461-2 Detection	enumeration of Clostridium Perfringens, part 2: Method by membrane filtration	Dispositivo de filtración en membrana, conforme a norma ISO 8199	

Cuadro 6.16: Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (II)

PNT	Método de determinación analítica	Objetivo	Documentación de referencia	Materiales y equipos	Marca	Modelo
52	Espectroscopía UV Visible	Identificar y cuantificar el Anionio en muestras de agua destinadas al consumo humano.	Análisis de las aguas. J. Roder. Ed Omega; Métodos normalizados para el análisis de las aguas potables y residuales; Instrucciones test en cubetas de amonio (ref. 1.14735.0001); ISO 56671-3	Espectrofotómetro ultravioleta visible	Termospectromer	QUAMOTE
53	Crom Gases Espec Masas Purga Trampa	Determinación de los compuestos volátiles presentes en las muestras de agua. Estos compuestos son los denominados trihalometanos (triclorometano, tribromometano, diclorobromometano y dibromoclorometano), tetracloroetano y tricloroetano, benceno y 1,2 dicloroetano.		Cromatógrafo de gases con espectrómetro de masas equipado con una columna capilar Teknocrroma Phase: Meta x5 30m/ 0,32mm/ 0,25 µm y sistema de purga y trampa con automuestreador		
55	Cromatografía Ionica	Identificar y cuantificar los aniones fluoruro, bromato, cloruro, nitrito, bromuro, nitrato, fosfato y sulfato.	UNE-EN ISO 10304 parte 1 y2	Detector de conductividad (819 IC); Centro de separación con inyector y módulo de supresión química (820 IC); Advanced sampler (838); Amortiguador de pulsaciones; Columna para aniones METRHOM Metrosep A Supp 7-250/4 mm		
58	Espectroscopía UV Visible	Determinar el color en muestras de agua	Análisis de las aguas. J. Roder. Ed Omega; Métodos normalizados para el análisis de las aguas potables y residuales; UNE-ISO 7887. Calidad del agua. Examen y determinación del color	Espectrofotómetro ultravioleta visible	Termospectromer	QUAMATE
78	Espectroscopía UV Visible	Identificar y cuantificar el cloro libre, cloro total y cloro combinado en muestras de agua.	Análisis de las aguas. J. Roder. Ed Omega; Métodos normalizados para el análisis de las aguas potables y residuales; Instrucciones test de cloro MERK (ref. 1.00599.0001)	Espectrofotómetro ultravioleta visible	Termospectromer	QUAMATE
81	Centelleo Líquido	Cuantificar el contenido de tritio en muestras de agua mediante un sistema de centelleo líquido.		Analizador de escintilación mediante centelleo líquido	Perkin Elmer	TRICAB 3100 TR

Cuadro 6.17: Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (III)

PNT	Método de determinación analítica	Objetivo	Documentación de referencia	Materiales y equipos	Marca	Modelo
82	Contador Proporcional de Gases	Identificar y cuantificar el índice de actividad beta resto en muestras mediante un contador proporcional de gas.	UNE 73340-2: 2003 Procedimiento para la determinación ambiental-Parte 2: Índice de radiactividad beta resto en aguas mediante contador proporcional.	Contador proporcional de flujo continuo gas de bajo fondo	BERTHOLD	LB770
85	Oxidación Persulfato Ultravioleta	Cuantificar el contenido de carbono orgánico total (TOC) en muestras de agua para consumo humano con un equipo de HACH IL-500	Lachat Method 10-140-319-2-A. Determination of Total Organic Carbon and Specific UV Absorbance at 254 nm in Source and Drinking Water-Persulfate-Ultraviolet Oxidation Method with Nondispersive Infrared Detection (NDIR). Heinz Dudde. Dec 2005. LACHAT INSTRUMENT - HACH COMPANY; UNE-EN 1484:1998 Análisis del agua. Directrices para la determinación del carbón orgánico total y del carbón orgánico disuelto		HACH	TOC IL500: UV/Baja Tª/ Per-sulfato/Oxidación húmeda/NDIR
87	Contador Proporcional de Gases	Cuantificar el índice de actividad alfa total en muestras de agua por los procedimientos de coprecipitación o evaporación, mediante un contador proporcional de gas.		Contador proporcional de flujo continuo gas de bajo fondo BERTHOLD modelo LB770		
91	Cromatografía de Gases Masas	Determinación de los pesticidas e hidrocarburos policíclicos aromáticos en muestras de aguas destinadas al consumo humano mediante extracción con Twister.		Cromatógrafo de gases con espectrómetro de masas equipado con una columna capilar HP-5MSUI 30m/ 0,25mm/ 0,25 µm		
99	Espectroscopia UV Visible	Identificar y cuantificar los cianuros totales en muestras de agua	Standard methods, 17 Ed 1989, 4500-CN A.3.a y 4500-CNE pp 4-23 y 4.31/4.32. (CIANURO TOTAL) y 4500-CN I,pp 4.38/4.39 (CIANURO LABIL)	Analizador de flujo continuo	PRÓXIMA	

Cuadro 6.18: Procedimientos normalizados de trabajos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (IV)

Método de determinación analítica	Objetivo	Documentación de referencia	Materiales y equipos	Marca	Modelo
Conductimetría	Determinación de la conductividad en aguas de consumo, envasadas y residuales	Manual de uso del equipo	Conductímetro	CRISON	Conductivity meter 524
Espectrofotometría UV	Determinar la longitud de onda absorbida, en un rango de trabajo entre 340 y 950 nm, con una precisión de 2,5 nm de longitud de onda y de 20 nm de banda espectral	Manual de uso del equipo	Espectrofotómetro	MILTON ROY COMPANY	SPECTRONIC 20D
Potenciometría	Determinación del pH en aguas de consumo, envasadas y residuales	Manual de uso del equipo	Potenciómetro	CRISON	pH meter 507
Potencial REDOX	Determinación del potencial REDOX en aguas de consumo, envasadas y residuales	Manual de uso del equipo	Potenciómetro	CRISON	pH meter 507

Cuadro 6.19: Procedimientos normalizados de trabajos en el laboratorio de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ETSICCP-UPM)

Parámetro	Método de determinación analítica
Parámetros físicos	
Conductividad a 20 °C	Conductimetría PNT 45 / Manual de uso aparato CRISON 524
pH	Potenciometría PNT 46 / Manual de uso aparato CRISON 507
Turbidez	Turbidimetría PNT 47
Potencial REDOX	Manual de uso aparato CRISON 507
Parámetros químicos inorgánicos	
Aluminio	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Antimonio	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Arsénico	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Boro	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Cadmio	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Cobre	Espectr Absorción Atómica Llama PNT32
Cromo	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Hierro	Espectr Absorción Atómica Llama PNT 33
Manganeso	ICP Espectrometría Masas PNT 34
Molibdeno	Espectr Absorción Atómica Vapor Frío PNT 36
Níquel	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Ozono	Método yodométrico / Espectrofotómetro UV (Método 4500-O ₃)
Plomo	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Uranio	ICP Espectrometría Masas PNT 31
Parámetros químicos orgánicos	
Clorobenceno	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
1,1 Dicloroetano	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
1,2 Dicloroetano	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
1,3 Dicloropropeno	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
Hexacloro 1,3 butadieno	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53

Cuadro 6.20: Técnica analítica aplicada a los diversos parámetros

6.4. Aparatos y equipos utilizados para la cuantificación de los parámetros.

Los aparatos y equipos principales utilizados tanto en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa como en el de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental para la determinación de los valores paramétricos de la Tesis Doctoral son los reflejados en los cuadros de las páginas 262 y 266.

6.4.1. Aparatos y equipos del laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.

Figura 6.1: Cromatógrafo de gases equipado con espectrómetro de masas y sistema de purga y trampa con automuestreador.

Figura 6.2: Conductivímetro THERMO ORION 150.

6.4. APARATOS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS.269

Figura 6.3: Potenciómetro THERMO ORION 720.

Figura 6.4: Turbidímetro EUTECH TN-100.

Figura 6.5: Detector de conductividad (819 IC); Centro de separación con inyector y módulo de supresión química (820 IC); Advanced sampler (838); Amortiguador de pulsaciones; Columna para aniones METRHOM Metrosep A Supp 7-250/4 mm.

Figura 6.6: Espectrofotómetro ultravioleta visible Termspectronic AQUAMATE.

Figura 6.7: Equipo HACH TOC IL500: UV/Baja T^a / Persulfato/Oxidación húmeda/NDIR.

6.4. APARATOS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS.271

Figura 6.8: Sistema de análisis de mercurio con inyección de flujo que utiliza la técnica de espectroscopía de absorción atómica y vapor frío (CV AAS). Perkin Elmer FIMS-400 con automuestreador AS-90.

Figura 6.9: Espectrometro de masas ICP Perkin Elmer ICP-MS ELAN 610.

Figura 6.10: Espectrofotómetro de absorción atómica por llama AA300 Perkin Elmer AAnalyst 300.

Figura 6.11: Analizador de escintilación mediante centelleo líquido Perkin Elmer TRICAB 3100 TR.

Figura 6.12: Contador proporcional de flujo continuo gas de bajo fondo BERTHOLD LB770.

6.4.2. Aparatos y equipos del laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos.

Figura 6.13: Balanza de precisión METTLER AE 200.

Figura 6.14: EMD Millipore Direct-Q 5.

Figura 6.15: Miele PROFESSIONAL O 7895.

Figura 6.16: Conductivímetro CRISON 524 (detalle).

6.4. APARATOS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS.275

Figura 6.17: Conductivímetro CRISON 524 (conjunto).

Figura 6.18: Medidor de pH y potencial REDOX CRISON 507 (detalle).

Figura 6.19: Medidor de pH y potencial REDOX CRISON 507 (conjunto).

Figura 6.20: Espectrofotómetro UV MILTON ROY COMPANY SPECTRONIC 20D.

Figura 6.21: Ozonizador.

Figura 6.22: Estufa.

6.5. Línea de investigación 1 “Inorgánicos”.

La línea de investigación 1 “Inorgánicos” pretende dar solución a la eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico y de coagulación-floculación-decantación. Los ensayos se realizaron en dos fases en virtud de cada uno de estos procesos. Todos ellos se realizaron en el laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Departamento de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente) de la Universidad Politécnica de Madrid.

6.5.1. Caracterización de las aguas de origen.

El agua utilizada durante los ensayos es la proporcionada por el equipo Miele PROFESSIONAL O 7895, ver página 274, que toma el agua de la red de abastecimiento de la Escuela, en particular en el laboratorio de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. El agua procedente de este equipo se mantuvo en el frigorífico durante tres días para minimizar los efectos del cloro y de sus subproductos. Su caracterización viene determinada por los valores de los siguientes parámetros:

Parámetro(Cromatografía)	Valor	Unidades	Int. referencia	Método de determinación analítica
BENCENO	<0.1	mg/L	[0-1]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT53
BENZO(a)PIRENO	<0.0025	mg/L	[0-0.01]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT91
CLOROBENCENO	0.1	µg/L	[0-3]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
1.1 DICLOROETANO	0.1	µg/L	[0-3]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
1.2 DICLOROETANO	0.1	µg/L	[0-3]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
1.3 DICLOROPROPENO	0.1	µg/L	[0-3]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
HEXACLORO 1.3 BUTADIENO	0.44	µg/L	[0-3]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
FLUORURO	<0.03	mg/L	[0-1.5]	Cromatografía Iónica PNT 55
HIDROCARBUROS	<0.025	µg/L	[0-0.1]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT 91
POLIC.AROMÁTICOS				
NITRATO	1	mg/L	[0-50]	Cromatografía Iónica PNT 55
NITRITOS RED DE DISTR.	0.02	mg/L	[0-0.5]	Cromatografía Iónica PNT 55
(NO ₃)/50+(NO ₂)/3	0.03	mg/L	[0-1]	Cromatografía Iónica PNT55
TOTAL PLAGUICIDAS	<0.05	µg/L	[0-0.50]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT 91
ALDRÍN	<0.0075	µg/L	[0-0.03]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT 91
DIELDRÍN	<0.0075	µg/L	[0-0.03]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT 91
HEPTACLORO	<0.0075	µg/L	[0-0.03]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT 91
HEPTACLORO EPOX	<0.0075	µg/L	[0-0.03]	Crom Cas Esp Masas Micr Ext Fase Sol PNT 91
TRICLOROETENO+	<2	µg/L	[0- 10]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
+TETRACLOROETENO				
TRIHALOMETANOS(THMs)	18	µg/L	[0-100]	Crom Gases Espec Masas PurgaTrampa PNT 53
CLORURO	<6	mg/L	[0-250]	Cromatografía Iónica PNT 55
SULFATO	<5	mg/L	[0-250]	Cromatografía Iónica PNT 55
Parámetro(Radicatividad)	Valor	Unidades	Int. referencia	Método de determinación analítica
ACTIVIDAD ALFA TOTAL	<0.01	Bq/L	[0-0.1]	Contador Proporcional de Gases PNT 87
ACTIVIDAD BETA TOTAL	0.02	Bq/L	[0-10]	Contador Proporcional de Gases PNT 82
ACTIVIDAD BETA RESTO	<0.1	Bq/L	[0-1]	Contador Proporcional de Gases PNT 82
TRITIO	64	Bq/L	[0-100]	Centelleo Líquido PNT 81

Cuadro 6.21: Caracterización de las aguas de origen LI 1 y LI 2 - (I)

Parámetro(Espectroscopía atómica)	Valor	Unidades	Int. referencia	Método de determinación analítica
ANTIMONIO	<0.1	µg/L	[0-5]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
ARSÉNICO	0.2	µg/L	[0-10]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
BORO	1	mg/L	[0-1]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
CADMIO	<0.1	µg/L	[0-5]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
COBRE	15	µg/L	[0-2000]	Espectr Absorción Atómica Llama PNT32
CROMO	0.1	µg/L	[0-50]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
MERCURIO	<0.1	µg/L	[0-1]	Espectr Absorción Atómica Vapor Frío PNT 36
MOLIBDENO	0.8	mg/L		Espectr Absorción Atómica Vapor Frío PNT 36
NÍQUEL	0.15	µg/L	[0-20]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
PLOMO	<1	µg/L	[0-25]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
SELENIO	<1	µg/L	[0-10]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
URANIO(1)	0.001	µg/L	[0-30]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
ALUMINIO	5	µg/L	[0-200]	ICP Espectrometría Masas PNT 31
CALCIO(1)	<1	mg/L	[0-100]	Espectr Absorción Atómica Llama PNT 27
MAGNESIO(1)	<1	mg/L	[0-100]	Espectr Absorción Atómica Llama PNT 28
HIERRO	<20	µg/L	[0-200]	Espectr Absorción Atómica Llama PNT 33
MANGANESO	0.19	µg/L	[0-50]	ICP Espectrometría Masas PNT 34
SODIO	<1	mg/L	[0-200]	ICP Espectrometría Masas PNT 30
POTASIO	<1	mg/L	[0-150]	ICP Espectrometría Masas PNT 29

Cuadro 6.22: Caracterización de las aguas de origen LI 1 y LI 2 - (II)

Parámetro(Espectroscopía molecular)	Valor	Unidades	Int. referencia	Método de determinación analítica
CIANUROS TOTALES	<5	µg/L	[0-50]	Espectroscopía UV Visible PNT 99
AMONIO	<0.05	mg/L	[0-50]	Espectroscopía UV Visible PNT 52
COLOR LIBRE RESIDUAL	<0.1	mg/L	[0-1]	Espectroscopía UV Visible PNT 78
COLOR TOTAL	<0.1	mg/L	[0-2]	Espectroscopía UV Visible PNT 78
COLOR	<3	mg/LPt/Co	[0-15]	Espectroscopía UV Visible PNT 58
Parámetro(Microbiología)	Valor	Unidades	Int. referencia	Método de determinación analítica
ESCHERICHIA COLI	0	UFC/100 mL	[0]	Filtración en Membrana PNT 38 ENSAYO ACREDITADO POR ENAC, CON ACREDITACIÓN n°610/LE 1703
ENTEROCOCOS INTESTINALES	0	UFC/100 mL	[0]	Filtración en Membrana PNT 39 ENSAYO ACREDITADO POR ENAC, CON ACREDITACIÓN n°610/LE 1703
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	0	UFC/100 mL	[0]	Filtración en Membrana PNT 51
COLIFORMES TOTALES	0	UFC/100 mL	[0]	Filtración en Membrana PNT 38 ENSAYO ACREDITADO POR ENAC, CON ACREDITACIÓN n°610/LE 1703
COLONIAS A 22°C (R. Dist.)	0	UFC/mL		Siembra en Profundidad PNT 43
Parámetro(Físico-química)	Valor	Unidades	Int. referencia	Método de determinación analítica
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	0.3	mg/L	[Sin cambios anómalos]	Oxidación Persulfato Ultravioleta PNT 85
CONDUCTIVIDAD A 20°	4	µS/cm	[0-2500]	Conductimetría PNT 45
pH	7.4	UPH	[6.5-9.5]	Potenciometría PNT 46
TURBIDEZ	0.2	UNF	[0-5]	Turbidimetría PNT 47

Cuadro 6.23: Caracterización de las aguas de origen LI 1 y LI 2 - (III)

6.5.2. Concentraciones de partida de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno.

Para establecer las concentraciones de partida de los elementos inorgánicos se tuvieron en cuenta los límites establecidos por la legislación, los límites de detección de los paratos utilizados y la concentración del agua de origen. Éstos son los reflejados en el siguiente cuadro:

Parámetro	Límite legislación	Límite detección	Concentración agua original
Boro	1 mg/L	0.15 μ g/L	1 mg/L
Cobre	1 mg/L	0.15 μ g/L	15 μ g/L
Molibdeno	0.07 mg/L	Se desconoce	0.8 mg/L

Cuadro 6.24: Datos de origen ensayos con los elementos inorgánicos

Atendiendo a los datos anteriormente reflejados, se establecieron dos valores de referencia a la hora de realizar los ensayos: cantidad límite establecida por la legislación y el triple de ésta. Es decir, se realizaron los ensayos para 1 mg/L y 3 mg/L de cada uno de los parámetros.

6.5.3. Eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico.

6.5.3.1. Diseño y montaje de la columna de intercambio iónico.

La técnica utilizada es la 1070 D definida en el libro “Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales” (16). Se ha elegido el método de la columna para la eliminación de cationes por ser el más eficaz, ya que proporciona un contacto continuo entre la muestra y la resina permitiendo una completa reacción de intercambio. La solución pasa lentamente a presión atmosférica por el lecho de resina y los iones son eliminados de la muestra en virtud de pautas cuantitativas, y no cualitativas.

Las características de la columna son las siguientes:

- **Longitud del lecho de resina:** 22 cm
- **Diámetro de la columna:** 2.5 cm
- **Volumen de resina:** 108 mL
- **Freno de la resina:** Se ha colocado un tapón de lana de vidrio ⁷ inmediatamente encima de la salida de la columna.

- **Tubo efluente:** Se ha realizado con tubo flexible al que se le han acoplado dos cilindros de corcho para formar una S alargada. De esta forma se evita que el nivel del líquido de la misma descienda por debajo de la superficie superior de la resina, ya que el aire atrapado produce velocidades de flujo irregulares y deteriora la eficacia del intercambio iónico.

(a) Columna

(b) Esquema

Figura 6.23: Columna de intercambio iónico

6.5.3.2. Resina.

Se han utilizado dos tipos de resinas de características similares especialmente fabricadas para aplicaciones analíticas. Éstas son las siguientes:

6.5.3.2.1. Características de la resina A.

■ Empresa distribuidora: MERCK

- Empresa distribuidora: PANREAC
- Código: 151376
- Producto: Lana de vidrio lavada
- Aspecto físico: similar al algodón
- Análisis tipo (sustancias solubles en HCl: 0.5 %; Cloruro(Cl) 0.01 %)

- **Código:** L301365 909(1.04765.0500)
- **Producto:** pro analysi Intercambiador de iones I (intercambiador de cationes fuertemente ácido para análisis)
- **Aspecto físico:** marrón amarillento, transparente bolas
- **Capacidad de intercambio:** ≥ 1.7 mmol/mL

Figura 6.24: Intercambiador de cationes fuertemente ácido para análisis ≥ 1.7 mmol/mL. Escala cuadrícula 1x1 mm²

6.5.3.2.2. Características de la resina B.

- **Empresa distribuidora:** MERCK
- **Código:** 030 VV505665(4765)
- **Producto:** Intercambiador de iones I(intercambiador de cationes fuertemente ácido)
- **Aspecto físico:** verde amarillento, transparente bolas
- **Capacidad de intercambio:** 1.9 mval/mL

Figura 6.25: Intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL. Escala cuadrícula 1x1 mm²

6.5.3.3. Procedimiento de trabajo.

1. Se realiza el secado de la resina durante 12 h a 100 °C en la estufa(ver página 276).
2. Se regenera la resina (ver página 284).
3. Se realiza un lavado de la resina con varios volúmenes de agua desionizada de calidad mili-Q⁸ obtenida del equipo EMD Millipore Direct-Q 5, ver página 273, de manera que quede eliminada cualquier materia fina o colorante y otros materiales lixiviantes que puedan afectar a los posteriores procedimientos colorimétricos.
4. Se prepara la columna tal y como se refleja en la figura 280.
5. Se homogeneiza la temperatura de trabajo de todos los elementos de los ensayos a la temperatura del laboratorio.
6. Se carga la columna removiendo la resina en un vaso de precipitados con agua desionizada y lavando después cuidadosamente la suspensión según se va pasando a la columna llena de agua desionizada a través de un embudo. Posteriormente, se lava la columna a contraflujo introduciendo agua desionizada

---

⁸El sistema produce 0.6 l/min de agua ultrapura(tipo 1 de la ASTM).

por la parte inferior y haciéndola pasar hacia arriba hasta que queden eliminados todos los canales y burbujas de aire. Se conecta un embudo separador a la parte superior de la columna y se utiliza un matraz volumétrico invertido para introducir la muestra, regenerar o lavar las soluciones.

7. Se deja que la muestra fluya hacia el interior de la columna a una velocidad de 0.2 mL de solución/mL de resina/minuto.
8. Se toman muestras de forma continua rellenando tubos CELLSTAR Polypropylene Tube Greiner Bio One (referencia 201 261) de 50 mL.
9. Una vez finalizada la toma de muestras, se lava la resina con agua desionizada hasta que el líquido efluente tenga un pH de 5 a 7. La columna no se seca debido a su salida curva.
10. Una vez retirada el agua desionizada, se extraen los cationes adsorbidos haciendo pasar 100 mL de $HNO_3 3N$ ⁹ a través de la columna a una velocidad de 0.2 mL de ácido/mL de resina/minuto. Teniendo en cuenta que un volumen de 100 mL de $HNO_3 3N$ elimina cuantitativamente 3 meq de cationes, se utilizarán incrementos adicionales de 100 mL de $HNO_3 3N$ para cantidades de iones adsorbidos que sobrepasen los 3 meq. Tras la disolución, se lava la columna para extraer el ácido, utilizando agua destilada suficiente como para producir un líquido efluente con un pH de 5 a 7. El lavado se hace a la misma velocidad de flujo que en el caso de la disolución del ácido. La dilución de éste y el lavado regeneran la columna, dejándola preparada para un uso futuro.

9

- **Empresa distribuidora:** Panreac
- **Empresa distribuidora:** Panreac
- **Código:** 131037.1611
- **Producto:** Ácido Nítrico 69 % PA-ACS-ISO
- **M.:** 63.01
- **CAS:** 7697-37-2
- **Densidad:** 1 L $\approx$ 1.411kg
- **Riqueza (Acidim.):** 68 % - 70 %
- **Densidad a 20/4:** 1.410-1.420

Cálculo de la disolución. Calculamos la cantidad necesaria a añadir de agua destilada ultrapura a 1 L de la disolución anterior para obtener una concentración $HNO_3 3N$

$$1 \text{ L} \times \frac{1,415g}{10^{-3}L} \times \frac{69g}{100g} \times \frac{1mol}{63,01g} \times \frac{1eq}{1mol} = 15.491 \text{ equivalentes.}$$

$$\frac{15,491}{1+x} = 3 \rightarrow x = 4.15 \text{ L de agua destilada por 1 L de disolución.}$$

Es decir, a cada 6 mL de disolución se le añaden 25 mL de agua destilada ultrapura.

Todo lo anterior supone la realización de 76 ensayos y de 304 mediciones.

6.5.3.4. Regeneración de la resina con Na^+ .

Procedo a calcular la capacidad de intercambio de iones de la resina.

En la columna vamos a colocar 108 mL de resina seca. Para ver la capacidad de intercambio de iones resolvemos la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 &1.7 \text{ mmol/mL} \times 108 \text{ mL} = 183.6 \text{ mmol} \\
 &1.9 \text{ mmol/mL} \times 108 \text{ mL} = 205.2 \text{ mval} = 205.2 \text{ meq} \\
 &\text{Calculamos para el más desfavorable. } 0.2052 \text{ equivalentes de } \text{Na}^+ \rightarrow x \text{ gr de } \text{Na}^+ \\
 &\quad 1 \text{ equivalente de } \text{Na}^+ \rightarrow 23 \text{ gr} \\
 &\quad 0.2052 \times 23 \\
 &x = \frac{0.2052 \times 23}{1} = 4.72 \text{ gr de } \text{Na}^+
 \end{aligned}$$

Se utiliza $\text{Na}_2(\text{SO}_4)^{10}$

$$\begin{aligned}
 &\text{M } \text{Na}_2(\text{SO}_4) \rightarrow \text{M } \text{Na}^+ \\
 &\quad 142 \rightarrow 46 \\
 &\quad x \rightarrow 1.38 \text{ gr de } \text{Na}^+ \\
 &x = \frac{142 \times 4.72}{46} = 14.57 \text{ gr de } \text{Na}_2\text{SO}_4
 \end{aligned}$$

6.5.3.5. Comprobación del rendimiento de las resinas.

Dado que estas resinas se encuentran depositadas en el laboratorio de la Escuela y que han servido para el desarrollo de ensayos anteriores como parte de otras Tesis Doctorales, se considera necesario realizar una batería de ensayos de determinar la capacidad de intercambio iónico de estas resinas en el momento de realizar los ensayos. Para ello se pasó por la columna de resina una disolución que contenía cationes de Cu^{+2} hasta que la concentración de Cu^{+2} de salida fuera igual a la de entrada.¹¹ Se tomaron muestras cada 50 mL con tubos CELLSTAR Polypropylene Tube Greiner Bio One (referencia 201 261).

---

¹⁰Datos de partida

- **Empresa distribuidora:** PANREAC
- **Código:** 131716.1211
- **Producto:** Sodio Sulfato anhidro (Reag. USP) para análisis, ACS, ISO

¹¹Datos de partida

- **Empresa distribuidora:** PANREAC

6.5.3.5.1. Curvas de respuesta Se analizaron cuatro parámetros (concentración de salida, conductividad, pH y turbidez) y se calcularon las ecuaciones que regulaban estos parámetros para determinar su capacidad de intercambio.

-
- **Código:** 313187
  - **Producto:** Cobre solución patrón $Ni = 1,000 \pm 0,002$ g/L AA
  - **Fórmula:** $[Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O \text{ en } HNO_3 \text{ } 0.5N]$ para espectrofotometría
  - **NC 3822 00 00** La solución del elemento a la concentración dada es trazable con patrones NIST
  - **Datos físicos:** Líquido transparente. Miscible con agua
  - **Aplicaciones:** Patrón para espectrofotometría de Absorción Atómica, Polarografía
  - **R:** 36/37/38
  - **S:** 26-36
  - **Normas de transporte:** UN: 1760; ADR: 8/III; IMDG: 8/III; IATA: 8/III; PAX: 818; CAO: 820;(E)
  - **Información Peso/Volumen:** 1 L $\times$ 1.025 kg ; 1 kg $\times$ 0.976 L

Cálculo de la cantidad necesaria de Cu^{+2}

$$\begin{aligned}
 0.2052 \text{ equivalentes de } Cu^{+2} &\rightarrow x \text{ gr de } Cu^{+2} \\
 1 \text{ equivalente de } Cu^{+2} &\rightarrow \frac{63,546}{2} = 31.773 \text{ gr} \\
 x &= \frac{0.2052 \times 31,773}{1} = 6.51 \text{ gr de } Cu^{+2}
 \end{aligned}$$

Se prepararon 2 disoluciones con distintas concentraciones de tal forma que sirviera de elemento de control del espectrofotómetro de absorción atómica, de tal forma que se alimentó la columna de intercambio iónico de la siguiente forma:

- Resina A: $6.5 \text{ g} / 2.5 \text{ L} = 2.6 \text{ g/L}$
- Resina B: $6.75 \text{ g} / 3 \text{ L} = 2.25 \text{ g/L}$

Figura 6.26: Evolución de la concentración de salida de cobre del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.

Figura 6.27: Evolución de la conductividad a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.

Figura 6.28: Evolución del pH a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.

Figura 6.29: Evolución de la turbidez a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.7 mmol/mL.

Figura 6.30: Evolución de la concentración de salida de cobre del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL.

Figura 6.31: Evolución de la conductividad a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL.

Figura 6.32: Evolución del pH a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL.

Figura 6.33: Evolución de la turbidez a la salida del intercambiador de cationes fuertemente ácido 1.9 mval/mL.

6.5.4. Eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno mediante procesos de coagulación-floculación-decantación.

6.5.4.1. Determinación de las condiciones de partida para la realización de los ensayos.

Para determinar los parámetros asociados a la eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno mediante procesos de coagulación-floculación-decantación se ha procedido a analizar la bibliografía disponible al respecto.

Como ya se ha dicho en el capítulo 1 “Generalidades”, ver página 46, la coagulación consiste en introducir en el agua un producto, denominado coagulante, que es capaz de neutralizar la carga de los coloides presentes en el agua para formar. Los principales coagulantes están basados en sales de aluminio y de hierro. Éstos vienen reflejados en los cuadros de la página 316.

El método utilizado es el ensayo de jarras (Jar-Test) según la norma ASTM D2035-80 (reaprobada en 1995) “Standard practice for coagulation-flocculation jar test of water”. Se colocan seis vasos de precipitados a los que se les añade una concentración de coagulante de entre 10 y 50 mg/L para el sulfato de hierro, pudiendo aumentarse hasta 150 mg/L en el caso de sulfato de aluminio. En particular, el documento “Sistemas de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades” (43) propone utilizar una concentración de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L. Una vez colocado el coagulante, se procede elevar la velocidad del mezclador al máximo durante 1 minuto, tras el cual se disminuye y se mantiene lenta durante 10 minutos. Finalmente, se espera entre 30 y 60 minutos y se mide el color y la turbidez.

Se estima que la máxima eficiencia del coagulante se obtiene con un pH de valor entre 5 y 8.

6.5.4.2. Determinación de la cantidad de ozono en el aire ozonizado (método yodométrico).

Para determinar la cantidad de ozono en el aire ozonizado se utiliza el método yodométrico debido a que para determinar correctamente concentraciones comprendidas entre 0 y 100 mg/L no es conveniente utilizar métodos físicos (absorción en el espectro ultravioleta o en el infrarrojo). Éste viene reflejado en el libro “Análisis de las aguas” (75)

El aire ozonizado se hace pasar mediante burbujeo por una solución neutra o alcalina de yoduro, que tras su adificación, se valora el yodo liberado con tiosulfato sódico. La concentración de ozono en el aire se asocia con el caudal gaseoso del productor de ozono.

El ozono oxida los iones yoduro a yodo a yodato:

Los iones yodato son reducidos a yodo por la adición de ácido sulfúrico:

La reacción global 6.2 + 6.3 corresponde a:

La determinación del yodo formado por las 2 reacciones 6.1 y 6.4 se realiza con una reacción valorada de tiosulfato sódico.

Los reactivos que se utilizaron fueron:

- Solución de yoduro potásico (libre de yodato) de 20 g/L.
- Solución de almidón soluble de 10 g/L.
- Solución de ácido sulfúrico 2N.
- Solución de yodo 0.1N.
- Solución de tiosulfato sódico 0.1N (0.1 mol g/L) ¹²

---

¹²Se comprueba el valor de esta solución corresponde a 2.5 mg de ozono.

6.5.4.2.1. Procedimiento de trabajo con el ozonizador. En un primer momento, se mantiene constante el generador de oxígeno y se manipula el productor de ozono. En el ozonizador se observa la producción de ozono en relación a la intensidad eléctrica (medida en amperios). La rueda está calibrada en tantos por cien de capacidad de producción de ozono. La producción comienza a partir del 30 % y como máximo se debe aplicar entre un 70-80 %. Por ello, el régimen de trabajo se estipula entre el 40-60 % de producción. Una vez establecido un régimen constante en la producción de oxígeno, se procede a calibrar el aparato para determinar la relación entre la producción de ozono en relación con el tiempo de funcionamiento del aparato. Hay que destacar que, y máxime en el caso de que se trate de compuestos orgánicos volátiles, el tiempo de exposición al aire ozonado se debe considerar como tiempo de exposición a un proceso de aireación.

Para la determinación de la producción de ozono se utilizaron 2 burbujeadores Durand de 500 mL colocados en serie y una válvula de 3 vías para regular la entrada de aire ozonado.

1. Cada burbujeador contiene 200 mL de la solución de yoduro potásico de 20 g/L.
2. Regular la producción de aire ozonado colocando la válvula de 3 vías sobre el burbujeador 1. Para mejores resultado, se aconseja producir un burbujeo de gas relativamente pequeño (<1 L/min). Cuando la producción de gas es estable, bascular la válvula de 3 vías para admitir el aire ozonado en el burbujeador 2.
3. Dejar pasar el aire ozonado en este burbujeador durante un tiempo t (generalmente de 10 a 15 minutos). Tener en cuenta la producción correspondiente ($Q_{aire\_ozonado}$).
4. Recuperar el burbujeador 2 y añadir 10 mL de ácido sulfúrico 2N.
5. Titular con el yodo liberado por la solución de tiosulfato sódico de 0.1 mol/L utilizando el indicador de yodo para señalar la finalización de la determinación. Sea $V_{tiosulfato}$ el volumen (en mL) necesario para la determinación.

Figura 6.34: Esquema del dispositivo de ozonización.

Figura 6.35: Dispositivo de ozonización en funcionamiento (I).

Figura 6.36: Dispositivo de ozonización en funcionamiento (II). Burbujeador 1.

Figura 6.37: Dispositivo de ozonización en funcionamiento (III). Burbujeador 2.

Figura 6.38: Esquema ozonizador con elementos saturados de ozono.

Figura 6.39: Elementos saturados de ozono.

6.5.4.2.2. Expresión de los resultados. La cantidad de ozono medida en el gas, expresada en mol/h, es la siguiente:

$$\text{Cantidad de ozono (mol/h)} = \frac{V_{\text{tiosulfato}}[\text{Tiosulfato}]}{2t} 10^{-3} \quad (6.6)$$

Siendo $V_{\text{tiosulfato}}$ el volumen (en mL) de tiosulfato de concentración molar [tiosulfato] necesario para la determinación del yodo liberado en el burbujeador 2. t es el tiempo de burbujeo (en horas). Expresada en mg/h, esta cantidad de ozono medida es de:

$$\text{Cantidad de ozono (mg/h)} = \frac{48V_{\text{tiosulfato}}[\text{Tiosulfato}]}{2t} \quad (6.7)$$

Conociendo el caudal de aire ozonado admitido en el burbujeador ($Q_{\text{aireozonado}}$ en L/h), o el volumen de gas ozono (en L), que entró en el burbujeador durante el tiempo t ($V=Q_{\text{aireozonado}}t$), es posible calcular la concentración de ozono en el gas (en mg de ozono por litro de aire ozonado):

$$[\text{Ozono}] = \frac{\text{mg de ozono}}{\text{L de aire ozono}} = \frac{48V_{\text{tiosulfato}}[\text{Tiosulfato}]}{2tQ_{\text{aire-ozono}}} \quad (6.8)$$

$$[Ozono] = \frac{mg - de - ozono}{L - de - aire - ozono} = \frac{48V_{tiosulfato}[Tiosulfato]}{2V} \quad (6.9)$$

El volumen de gas ozonado (V) debe corregirse utilizando la ley de los gases perfectos, para llevar este volumen a las condiciones normales de temperatura y presión (0 °C y 760 mm Hg).

Para observar esta medida y para una mayor precisión, se utilizaron 2 burbujeadores en serie, conteniendo cada uno yoduro potásico. En este caso, el contenido de los 2 burbujeadores se mezclará antes de la adición de ácido sulfúrico y la determinación con el tiosulfato.

Para paliar cualquier riesgo de escape de ozono se unieron los burbujeadores en serie a un destructor de ozono de la misma empresa que utiliza un cartucho de CAG para su eliminación.

6.5.4.2.3. Calibración del ozonizador. Se realizaron una batería de ensayos previos con objeto de realizar la calibración del ozonizador y determinar la recta de regresión lineal de producción de ozono con objeto de determinar la cantidad de ozono suministrada en relación al tiempo de funcionamiento del equipo.

Figura 6.40: Recta de regresión lineal de producción de ozono

Tiempo	0	30	60	120	180	240	300	360
mg de ozono	0	3.12	7.2	12.6	24.96	32.16	40.56	47.28

Cuadro 6.28: Cuadro de datos sobre recta de regresión lineal de producción de ozono

6.5.4.3. Procedimiento de trabajo.

- Se adicionaron 1 y 3 mg/L de cada uno de ellos a 2 L de disolución.
- Los ensayos se realizan sin y con ozono para facilitar la formación de óxidos insolubles. En este último caso, se le suministra una dosis de ozono de 0,1 mg O₃/L.
- Los ensayos se realizan con seis concentraciones distintas de coagulante que, por lo anteriormente expuesto y que la turbidez inicial del agua presentaba un valor de 0.2 con un pH de valor 7.4, se establecieron en 4, 8, 12, 16, 20 y 24 mg/L de coagulante. Los coagulantes utilizados fueron sulfato de aluminio y cloruro férrico.
- Las muestras se recogieron en botes de cristal tipo Schott Duran de 250 mL.

6.5.4.4. Parámetros adicionales analizados.

Los parámetros adicionales analizados fueron:

- Turbidez inicial medida en el laboratorio de la Escuela (NTU).
- Turbidez final medida en el laboratorio de la Escuela (NTU).
- Turbidez inicial (NTU) medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.
- Turbidez final (NTU) medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.
- pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH).
- pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH).
- pH inicial (Unidades de pH) medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.
- pH final (Unidades de pH) medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.
- Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV).
- Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV).
- Conductividad inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.

- Conductividad final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa.

Todo lo anterior supone la realización de 59 ensayos y de 708 mediciones.

6.6. Línea de investigación 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”.

La línea de investigación 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles” pretende dar solución a la eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular y de oxidación avanzada. Los ensayos se realizaron en dos fases en virtud de cada uno de estos procesos. Todos ellos se realizaron en el laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

6.6.1. Caracterización de las aguas de origen.

El agua utilizada durante los ensayos es la proporcionada por el equipo Miele PROFESSIONAL O 7895 (página 274) toma el agua de la red de abastecimiento de la Escuela, en particular en el laboratorio de la Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. El agua procedente de este equipo se mantuvo en el frigorífico durante tres días para minimizar los efectos del cloro y de sus subproductos. Su caracterización viene determinada por los parámetros reflejados en la página 277.

6.6.2. Concentraciones de partida de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno.

Para establecer las concentraciones de partida de los distintos analitos, se toma de referencia tanto el límite mínimo de detección como la concentración límite (DML) exigida por la legislación. El primero se magnifica 5 veces para evitar interferencias con los equipos y el segundo se reduce a un tercio para evitar la contaminación acumulativa de cada uno de los parámetros de tal forma que obtenemos el siguiente cuadro:

Parámetro	5×DML ($\mu\text{g/L}$)	Valor medio ($\mu\text{g/L}$)	$\frac{1}{3} \times \text{Valor Legislación}$ ($\mu\text{g/L}$)
Clorobenceno	0.20	16.77	33.33
1,1 Dicloroetano	0.20	0.15	0.10
1,2 Dicloroetano	0.30	0.65	4.00
1,3 Dicloropropeno	0.2	3.43	6.67
Hexaclor 1,3 butadieno	0.55	0.38	0.20

Cuadro 6.29: Determinación de las concentraciones de partida de los ensayos de OAV.

La dificultad de obtención de estos compuestos obliga a adquirirlos a través de cápsulas de analitos para la detección mediante cromatógrafos de gases del tipo VOX Mix 15 (referencia XA05000015ME KL) de la empresa Dr. Ehrenstorfer que se disponen en cápsulas de 1 mL de una disolución de estos compuestos que se encuentran a una concentración de 200 mg/L salvo el 1,3 Dicloropropeno que está a 400 mg/L puesto que tiene los isómeros cis y trans. Dado que el más restrictivo es el correspondiente al clorobenceno, establezco el valor de partida para concentraciones de 33,33 $\mu\text{g/L}$ ¹³, a 16,77 $\mu\text{g/L}$ y a 8,38 $\mu\text{g/L}$. Es decir, $C_1 \approx C_2 \approx \frac{C_3}{2} \approx \frac{C_4}{2}$.

Sin embargo, se significa que dado que se diluye 0,33 mL en 2 L (6.000 veces) se determinará la concentración de partida cada vez que se realice una batería de ensayos.

6.6.3. Eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular.

6.6.3.1. Diseño y montaje de la columna de carbón activo granular.

La técnica utilizada y las características de la columna de carbón es similar a la reflejada en el punto 6.5.3.1 de la página 279.

Las características de la columna son las siguientes:

- Longitud del lecho de carbón: 22 cm.
- Diámetro de la columna: 2.5 cm.
- Volumen de carbón: 108 mL.

¹³Si realizado disoluciones con una concentración de partida de 33,33 $\mu\text{g/L}$, con cada una de las ampollas puedo preparar 3 matraces de 2 L de disolución.

- **Freno de la resina:** Se ha colocado un tapón de lana de vidrio de iguales características que la de la columna de intercambio iónico, ver página 279.
- **Tubo efluente:** Se ha realizado con tubo flexible al que se le han acoplado dos cilindros de corcho para formar una S alargada. De esta forma se evita que el nivel del líquido de la misma descienda por debajo de la superficie superior de la resina, ya que el aire atrapado produce velocidades de flujo irregulares y deteriora la eficacia de la columna de carbón activo granular.

(a) Columna

(b) Esquema

Figura 6.41: Columna de carbón activo granular

6.6.3.2. Carbón activo granular.

6.6.3.2.1. Características del carbón activo granular. Se ha utilizado carbón activo granular comercial procedente de cartuchos de equipos de tratamiento de aguas domésticos con las siguientes características:

- **Empresa distribuidora:** STORM.
- **Modelo:** Filtros para equipos de ósmosis de 11 pulgadas Storm PACK-3F11.

(a) Colocación en equipo

(b) Detalle. Escala cuadrícula 1x1 mm²

Figura 6.42: Carbón activo granular

6.6.3.3. Procedimiento de trabajo.

1. Se homogeneiza la temperatura de trabajo de todos los elementos de los ensayos a la temperatura del laboratorio.
2. Se prepara la columna tal y como se refleja en la figura de la página 300.
3. Se lava la columna a contraflujo introduciendo agua desionizada por la parte inferior y haciéndola pasar hacia arriba hasta que queden eliminados todos los canales y burbujas de aire. Se conecta un embudo separador a la parte superior de la columna y se utiliza un matraz volumétrico invertido para introducir la muestra, regenerar o lavar las soluciones.
4. Se deja que la muestra fluya hacia el interior de la columna a una velocidad de 0.2 mL de solución/mL de resina/minuto. Se toman muestras de forma continua rellenando tubos de 40 mL del tipo Amber Boro w/septa 40mL, I-CHEM, item #022641.

Todo lo anterior supone la realización de 7 ensayos y de 35 mediciones.

6.6.4. Eliminación de los compuestos orgánicos 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, clorobenceno, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de oxidación avanzada.

6.6.4.1. Procesos de oxidación avanzada.

La principal fuente es el libro “Water Reuse - Issues, Technologies, and Applications” (63).

La oxidación avanzada se utiliza para eliminar compuestos que no pueden ser oxidados completamente mediante oxidantes convencionales. La principal ventaja de los procesos de oxidación avanzada es la habilidad de generar altas concentraciones de radicales hidroxilos ($\text{OH}\cdot$), que es un fuerte oxidante capaz de realizar la oxidación completa de la mayoría de los compuestos orgánicos. Las reacciones con radicales hidroxilos son de segundo orden porque dependen de la concentración de los contaminantes que son oxidados y las especies de radicales hidroxilos. El valor de la constante que regula la relación de segundo orden está comprendida entre 10^8 y 10^9 L/mol·s, que es tres o cuatro órdenes de magnitud mayor que las de otros oxidantes.

Los principales procesos de oxidación avanzada disponibles comercialmente son los siguientes:

6.6.4.1.1. Peróxido de hidrógeno/UV. La producción de radicales libres $\text{OH}\cdot$ en agua que contiene H_2O_2 mediante luz UV (entre 200 y 280 nm) viene definida por la siguiente reacción:

En la mayoría de los casos el uso de peróxido de hidrógeno/UV no es rentable debido a que el H_2O_2 tiene un coeficiente de extinción molar pequeño, se requieren altas concentraciones de H_2O_2 y altas dosis de UV. Este proceso no se utiliza normalmente en tratamientos de aguas portables dado que se produce una alta concentración de H_2O_2 residual.

Sus ventajas son que el H_2O_2 es relativamente estable y puede ser almacenado in situ temporalmente previo a su uso.

Los inconvenientes son que el H_2O_2 tiene muy poca absorción de UV, se requieren reactores especialmente diseñados para la iluminación UV, el exceso de H_2O_2 debe ser reconducido y la lámpara es proclive a ensuciarse.

6.6.4.1.2. Peróxido de hidrógeno/ozono. La producción de radicales libre $OH\cdot$ viene definida por la siguiente reacción:

De esta reacción se deduce que 0.5 moles de H_2O_2 son necesarios por cada mol de O_3 o que la relación entre masas es de 0.354 kg de H_2O_2 por cada kg de O_3 . Esto supone un inconveniente a la hora de poder establecer y mantener esta relación durante el proceso. Además, un exceso de O_3 afecta perjudicialmente a la formación de radicales hidroxilos ya que lo elimina por la siguiente reacción:

Sus ventajas son que se pueden tratar aguas con una pobre transmisión de luz UV, no se requieren reactores especialmente diseñados para la iluminación UV y los compuestos volátiles serán retirados aunque pueden necesitar tratamiento.

Los inconvenientes son que la producción de O_3 puede suponer que el proceso sea caro e ineficiente, el ozono sobrante debe ser eliminado, es difícil mantener y determinar una dosis apropiada de O_3/H_2O_2 y las condiciones de pH bajo son perjudiciales para el proceso.

6.6.4.1.3. Ozono/UV. La producción de radicales libre $OH\cdot$ mediante luz UV viene definida por la siguiente reacción:

Sus ventajas son que es fácil controlar la dosis de O_3 , el oxidante residual se degrada rápidamente (la vida media del O_3 es de 7 min), el ozono absorbe más luz UV que la dosis equivalente de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) (≈ 200 veces más a 254 nm) y los compuestos volátiles serán retirados aunque pueden necesitar tratamiento.

Los inconvenientes son que la producción de H_2O_2 mediante O_3 y luz UV es ineficiente comparada con la propia adición, se requieren reactores especialmente diseñados para la iluminación UV, el ozono sobrante debe ser eliminado y la lámpara es proclive a ensuciarse.

6.6.4.1.4. Ozono/UV/Peróxido de hidrógeno. Sus ventajas son que esta tecnología está disponible comercialmente, el H_2O_2 promueve la transferencia de masa de ozono y los compuestos volátiles serán retirados aunque pueden necesitar

tratamiento.

Los inconvenientes son que se requieren reactores especialmente diseñados para la iluminación UV, el ozono sobrante debe ser eliminado y la lámpara es proclive a ensuciarse.

Otros procesos relacionados con la oxidación avanzada son los reflejados en la tabla de la página 319 elaborada por Huling (44) significando especialmente los tratamientos con persulfato sódico tal y como recoge Siegrist (78).

6.6.4.2. Proceso de oxidación avanzada utilizada durante la Tesis Doctoral.

Los procesos de oxidación avanzada utilizados durante los ensayos de esta Tesis Doctoral son los siguientes:

- Ozono/UV-C
- Peróxido de hidrógeno/ozono/UV-C
- Óxido de titanio/ozono/UV-C
- Óxido de titanio/Peróxido de hidrógeno/ozono/UV-C

6.6.4.3. Equipos de laboratorio.

6.6.4.3.1. Ozonizador. Caraterísticas del ozonizador:

- Generador de ozono para el tratamiento de aire / agua por inyección o canalización.
- Construído en acero inoxidable INOX-304.
- Dispone de reloj programador.
- Fabricante: COSEMAR OZONO.
- Suministro de aire: con aire comprimido o generador de oxígeno.
- Producción: regulable de 1 a 10 g O₃/L.
- Tamaño: 350x250x630 mm.
- Peso: 13 kg.

- Potencia: 180 W.
- Capacidad de trabajo con agua filtrada: 3 a 4 m³/h.

6.6.4.3.2. Lámpara de UV-C. Características de la lámpara:

- Nombre: lámpara UV 16 de acero inoxidable AISI 304 (316L).
- Lámpara: vapor de mercurio de rayos UV-C $\lambda=254$ nm.
- Alimentación eléctrica: 220 V - 50 Hz.
- N° de lámparas: 1.
- Caudal máximo: 10 l/min.
- Distancia entre entrada y salida: 318 mm.
- Rango de presión: [0.5 , 9] bar.
- Dosis: $>30.000 \mu\text{Ws}/\text{cm}^2 = 30 \text{ mWs}/\text{cm}^2$.
- Dimensiones de la cámara de contacto: 50 x 346 mm.

Figura 6.43: Sistema de lámpara UV-C.

6.6.4.4. Procedimiento de trabajo.

1. Se homogeneiza la temperatura de trabajo de todos los elementos de los ensayos a la temperatura del laboratorio.
2. Se preparan 2 L de disolución en el que se adicionan los parámetros de estudio.
3. Se añade 1 mg/L de óxido de titanio, en su caso.
4. Se añade 1,5 de peróxido de hidrógeno, en su caso.
5. Se añade ozono con tres concentraciones distintas: 3,27; 6,07 y 11,7 mg O_3 /L.
6. Se somete a las muestras a radiación UV-C, en su caso, con tres tiempos de retención: 2; 4 y 6 minutos.

7. Se toman muestras rellenando tubos de 40 mL del tipo Amber Boro w/septa 40mL, I-CHEM, item #022641.
8. Se determina el consumo de ozono.

Todo lo anterior supone la realización de 76 ensayos y de 684 mediciones.

6.7. Producción ozono.

Se utilizó la calibración del ozonizador reflejada en la página 296.

6.7.1. Determinación de la cantidad de ozono en el aire ozonizado.

El método está basado en que el ataque del ozono sobre la molécula de índigo trisulfonato provoca su decoloración, ya que ataca de forma rápida y selectiva su doble enlace provocando una disminución de su absorbancia a 600 nm que varía linealmente con la cantidad de ozono.

El método utilizado es el reflejado en el libro “Análisis de las aguas” (75) y el número 4500 del libro “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition” (1).

El material utilizado es el espectrofotómetro UV MILTON ROY COMPANY SPECTRONIC 20D de la página 276.

Se realizan don soluciones madres dependiendo de la concentración de ozono presente en la muestra. Los reactivos utilizados para cada una son:

Solución madre de índigo trisulfonato de 10^{-3} mol/L

- índigo trisulfonato de potasio ($C_{16}H_7N_2O_{11}S_3K_3$): 616.7 mg
- ácido fosfórico H_3PO_2 al 85 %: 1 mL
- agua desionizada: c.s.p. 1 L

Solución madre de índigo trisulfonato de 10^{-4} mol/L

- solución madre de índigo trisulfonato de 10^{-3} mol/L: 100 mL

- fosfato diácido de sodio (NaH_2PO_4 : 10 g
- ácido fosfórico 85 %: 7 mL
- agua desionizada: c.s.p. 1 L
- Esta solución debe renovarse semanalmente.

Esta solución debe renovarse semanalmente.

6.7.1.1. Procedimiento

En un matraz aforado de 100 mL se introducen 20 mL de la solución madre de índigo trisulfonato de 10^{-4} mol/L. Añadir un volumen V_E de muestra. Completar a 100 mL con agua desionizada.

Realizar esta reacción inmediatamente después de la toma para limitar las pérdidas vinculadas a la descomposición del ozono en el agua. Tomar también precauciones para limitar las pérdidas de ozono por desgasificación. Para ello se aconseja tener preparado el matraz aforado que contenga la solución de índigo y añadir la muestra durante la toma.

Preparar un blanco de reactivo en las mismas condiciones, sustituyendo la muestra por agua desionizada.

Dejar reaccionar durante 10 minutos en la oscuridad. Medir las absorbancias de las 2 soluciones a 600 nm en un plazo máximo de 4 horas. Calcular la disminución de absorbancia causada por la presencia de ozono en la muestra, denominada $\Delta_{\text{absorbancia}}$ (siendo $\Delta_{\text{absorbancia}} = \text{absorbancia del blanco de reactivo} - \text{absorbancia de la muestra}$).

Para las soluciones de ozono poco concentradas (0.05 a 0.5 mg/L), se utilizarán preferiblemente cubetas de trayecto óptico de 5 a 10 cm.

6.7.1.2. Expresión de los resultados

La molécula de índigo trisulfonato presenta un elevado coeficiente de absorción molar ($2 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1}$ a 600 nm). La degradación del índigo trisulfonato por el ozono corresponde a una estequiometría de 1 mol/mol, o sea, a una disminución de absorbancia de $2 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ por mol/L de ozono, o incluso a una disminución de

absorbancia de 0.42 cm⁻¹ por mg/L de ozono.

La concentración de ozono disuelto en la muestra, expresada en mg/L de ozono, se calcula según la siguiente relación:

$$[O_3] = \frac{V_T \times \Delta_{\text{absorbancia}}}{0,42 \times V_E \times I} \quad (6.14)$$

Siendo:

V_T : volumen total del matraz aforado (aquí 100 mL).

$\Delta_{\text{absorbancia}}$: absorbancia del blanco de reactivo-absorbancia de la muestra.

V_E : volumen de muestra (en mL).

I : trayecto óptico de la cubeta medida (en cm).

6.8. Línea de investigación 3 “Plantas portátiles”.

La línea de investigación 3 pretende investigación sobre plantas existentes portátiles para verificar su rendimiento teórico y proponer mejoras. Los ensayos se realizaron en dos fases en virtud de cada uno de estos procesos. Todos ellos se realizaron en el laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

6.8.1. Rendimiento de las plantas compactas comerciales en servicio (SETA 3E/1000UE y Stellar Metafilter 8M36)

6.8.1.1. Caracterización de las aguas de origen.

El agua utilizada durante los ensayos se ha tomado de la superficie del río Ebro a su paso por la localidad de Monzalbarba (Zaragoza) tomada a 1 m de profundidad con objeto de eludir arrastres superficiales. Para su caracterización, además de realizar una analítica específica de los parámetros de estudio, se han utilizado los datos proporcionados por la Confederación Hidrográfica del Ebro en su página WEB (14). Se han tomado los datos de los punto de toma más próximos tanto por distancia (Monzalbarba y Torres de Berrellén) como por tiempo (entre mayo de 2010 y abril de 2011). Su caracterización viene determinada por los siguientes parámetros:

Localidad	Monzalbarba	Monzalbarba	Torres de Berrellén	Torres de Berrellén	Torres de Berrellén	Unidad
Parámetro	27/05/2010	27/09/2010	25/10/2010	17/01/2011	07/04/2011	
Alcalinidad	202	214	215	172	184	mg/L CO ₃ Ca
Amonio total	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	mg/L NH ₄
Aspecto	2	2	2	2	2	–
Bicarbonatos					162	mg/L CO ₃ Ca
Calcio	124	121	135	86.2	84.9	mg/L Ca
Carbonatos					22.0	mg/L CO ₃ Ca
Caudal en superficiales	82.6					m ³ /s
Cloruros	208	241	284	97.9	79.3	mg/L Cl
Conductividad a 20 °C	1319	1447	1660	791	717	μS/cm
Demanda química de oxígeno	12.6	6.0	<5.0	5.4	6.3	mg/L O ₂
Fosfatos	<0.05	0.15	0.08	0.10	<0.05	mg/L PO ₄
Fósforo Total	<0.09	0.11	0.09	<0.09	0.09	mg/L P
Magnesio	24.3	29.3	33.7	14.2	14.0	mg/L Mg
Nitratos	9.9	14.0	19.2	8.7	6.0	mg/L NO ₃
Nitritos	0.044	0.040	0.042	0.032	0.024	mg/L NO ₂
Nitrógeno Kjeldahl	<1.0	<2.5	<1.0	<2.5	NR	mg/L N
Oxígeno disuelto	10.5	10.6	9.9	13.6	10.7	mg/L O ₂
Oxígeno disuelto (% sat.)	119.2	113.8	97.5	118.6	111.7	% sat.
pH	8.3	8.1	8.1	8.3	8.2	–
Sodio	149	176	201	69.6	58.8	mg/L Na
Sólidos en suspensión	20	35	38	6	12	mg/L
Sulfatos	241	253	294	114	106	mg/L SO ₄
Temperatura del agua	20.2	17.9	13.7	8.7	16.8	°C
Temperatura del aire	21.9	20.2	13.9	8.3	17.0	°C

Cuadro 6.31: Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 01

Tomado en Torres de Berrellén el 07/09/2010

Parámetro	Taxón	Valor	Unidad	Método de Muestreo
Conductividad a 20 °C	–	1607	μS/cm	Determinación físico-química in situ
Oxígeno disuelto	–	7.20	mg/L O ₂	Determinación físico-química in situ
Oxígeno disuelto (% sat.)	–	83.0	% sat.	Determinación físico-química in situ
pH	–	7.76	–	Determinación físico-química in situ
Temperatura del agua	–	22.2	°C	Determinación físico-química in situ
Abundancia macroinvertebrados	Clase Copepoda	121	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Clase Oligochaeta	321	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Clase Ostracoda	261	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Corbicula sp.	453	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Atyidae	434	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Baetidae	12	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Caenidae	283	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Chironomidae	240	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Corixidae	1602	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Ephemeridae	22	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Ephydriidae	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Ferrissiidae	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Gammaridae	5	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Gerridae	3	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Heptageniidae	13	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Hydrobiidae	47	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Hydroptilidae	15	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Leptophlebiidae	53	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Libellulidae	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Limoniidae	2	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Lymnaeidae	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Neritidae	64	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Physidae	72	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Platycnemididae	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Fam. Polymitarcyidae	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Hydracarina	40	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia macroinvertebrados	Orden Anomopoda	1	–	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO

Cuadro 6.32: Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 03

Tomado en Torres de Berrellén el 07/09/2010

Parámetro	Taxón	Valor	Unidad	Método de Muestreo
Abundancia relativa macroinvertebrados	Clase Copepoda	2.97	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Clase Oligochaeta	7.89	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Clase Ostracoda	6.41	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Corbicula sp.	11.13	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Atyidae	10.66	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Baetidae	0.295	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Caenidae	6.95	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Chironomidae	5.90	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Corixidae	39.36	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Ephemeridae	0.541	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Ephydriidae	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Ferrissiidae	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Gammaridae	0.123	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Gerridae	0.074	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Heptageniidae	0.319	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Hydrobiidae	1.15	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Hydroptilidae	0.369	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Leptophlebiidae	1.30	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Libellulidae	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Limoniidae	0.049	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Lymnaeidae	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Neritidae	1.57	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Physidae	1.77	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Platycnemididae	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Fam. Polymitarcyidae	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Hydracarina	0.983	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO
Abundancia relativa macroinvertebrados	Orden Anomopoda	0.025	%	IBMWP Semicuantiativo CHEBRO

Cuadro 6.33: Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 04

Tomado en Torres de Berrellén el 07/09/2010

Parámetro	Valor	Método de Muestreo
Índice IASPT	4.92	IBMWP Semicuantitativo CHEBRO
Índice IBMWP	118	IBMWP Semicuantitativo CHEBRO
Nº taxones IBMWP	24	IBMWP Semicuantitativo CHEBRO
Nº taxones Macroinvertebrados	27	IBMWP Semicuantitativo CHEBRO
IHF Bloque1	10	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque1/1	10	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque2	10	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque3	14	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque3/1	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque3/2	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque3/3	2	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque3/4	2	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque4	8	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque5	3	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque6	2	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque6/3	2	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque7	15	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque7/1	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque7/2	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
IHF Bloque7/3	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
Índice IHF	62	Recogida de información hidromorfológica in situ
Índice QBR	55	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque1	0	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque1/1	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque1/2	-10	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque2	20	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque2/1	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque2/2	10	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque2/3	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque3	25	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque3/1	25	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque3/2	10	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque3/4	5	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque3/5	-5	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque4	10	Recogida de información hidromorfológica in situ
QBR Bloque4/1	10	Recogida de información hidromorfológica in situ

Cuadro 6.34: Caracterización de las aguas de origen LI 3 - 05

6.8.1.2. SETA 3E/1000UE

6.8.1.2.1. Descripción del equipo: Es una planta compacta remolcada que se compone de siete procesos:

1. Coagulación-floculación-decantación en un decantador lamelar.
2. Filtración rápida en lecho de arena silíceo.
3. Adsorción por carbón activo granular.
4. Microfiltración.
5. Ósmosis inversa.
6. Radiación UV-C.
7. Cloración.

6.8.1.2.2. Toma de muestras: Se han tomado muestras en once puntos mientras la planta se encontraba en funcionamiento:

- **Agua bruta:** Agua procedente de la fuente original sin tratamiento alguno. En este caso se refiere al agua que se toma directamente del río
- **Decantador:** Agua tomada a la salida del decantador antes de entrar en la boca de alimentación de la planta.
- **TM-1:** Toma que se encuentra en la entrada de la planta pero que todavía no ha sido tratada.
- **TM-2:** Toma que se encuentra en la salida del decantador lamelar.
- **TM-3:** Toma que se encuentra en la salida filtro de sílex.
- **TM-4:** Toma que se encuentra en la salida filtro de carbón activo granular.
- **TM-5:** Toma que se encuentra en la salida microfiltración.
- **TM-6:** Toma que se encuentra en la salida del proceso de ósmosis inversa.
- **TM-7:** Toma que se encuentra en la salida de radiación UV-C.
- **Tratada:** Agua tomada a la salida de la planta como producto final de ésta una vez adicionada la cloración final.
- **Rechazo:** Agua tomada de la salida del material de rechazo.

6.8.1.2.3. Procedimiento de trabajo. Se realizó el cálculo de los tiempos de retención en cada uno de los procesos para determinar el momento en el que el equipo entra en carga y se pueden realizar las tomas con objeto de determinar los rendimientos.

El elemento limitador era la batería de membranas de ósmosis inversa dado que el agua que genera al principio es utilizada para rellenar un depósito de seguridad que posteriormente permitirá la limpieza de las membranas. Por ello, era necesario mantener la planta en funcionamiento durante 15 minutos antes de empezar a realizar las tomas.

Las mediciones en la planta SETA 3E/1000UE se realizan en baterías de 2 horas.

1. Se pone en marcha el equipo.

2. Una vez entra el equipo en carga, se adicionan los contaminantes.
3. Se toman muestras cada 15 minutos de forma alterna rellenando tubos CELLS-TAR Polypropylene Tube Greiner Bio One (referencia 201 261) de 50 mL.

Todo lo anterior supone la realización de 249 ensayos y de 1832 mediciones.

6.8.1.3. Stellar Metafilter 8M36

6.8.1.3.1. Descripción del equipo: Es una planta compacta que se compone de dos procesos:

1. Filtración por tierras diatomeas.
2. Cloración.

Los módulos que contienen cada uno de los procesos se pueden transportar a mano hasta la zona de trabajo. Además, cuenta con bomba de captación, un arcón con herramientas y mangueras y un arcón para transporte de las tierras diatomeas.

6.8.1.3.2. Toma de muestras: Se han tomado muestras en tres puntos mientras la planta se encontraba en funcionamiento:

- **Agua bruta:** Agua procedente de la fuente original sin tratamiento alguno. En este caso se refiere al agua que se toma directamente del río.
- **Decantador:** Agua tomada a la salida del decantador antes de entrar en la boca de alimentación de la planta.
- **SAL-1:** Agua tomada a la salida de la filtración por tierras diatomeas.
- **SAL-2:** Agua tomada de la salida de la planta como producto final de ésta tras el proceso de cloración.

6.8.1.3.3. Procedimiento de trabajo. Se realizó el cálculo de los tiempos de retención en cada uno de los procesos para determinar el momento en el que el equipo entra en carga y se pueden realizar las tomas con objeto de determinar los rendimientos.

1. Se pone en marcha el equipo.
2. Una vez entra el equipo en carga, se adicionan los contaminantes.

3. Se toman muestras rellenando tubos de 40 mL del tipo Amber Boro w/septa 40mL, I-CHEM, item #022641..

Todo lo anterior supone la realización de 14 ensayos y de 190 mediciones.

6.9. Planificación temporal

A continuación, se presenta el cronograma de la planificación de la Tesis Doctoral.

Actividad Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Determinación de la necesidad de desarrollo de una tesis doctoral.	■																								
Revisión bibliográfica y selección del tema de tesis.	■	■																							
Presentación del tema de tesis.			■																						
Respuesta de aceptación del tema de tesis.			■																						
Comunicación y asignación del director de la tesis.				■																					
Selección de las fuentes de información.					■																				
Búsqueda en fuentes de información.				■	■	■	■																		
Análisis y selección de la investigación bibliográfica.					■	■	■																		
Determinación de los objetivos finales.							■																		
Desarrollo metodológico.								■	■	■															
Desarrollo de la línea de investigación 1 "Inorgánicos".										■	■														
Desarrollo de la línea de investigación 2 "Compuestos Orgánicos Volátiles".												■	■												
Desarrollo de la línea de investigación 3 "Plantas portátiles".														■	■										
Análisis de resultados.																■	■								
Conclusiones.																	■	■							
Redacción de la tesis.																	■	■	■	■					
Revisión de la tesis.																					■				
Redacción de artículos.																						■			
Impresión de la tesis.																						■			
Prelectura.																							■		
Lectura de tesis.																								■	

Cuadro 6.35: Cronograma desarrollo Tesis Doctoral.

Coagulante	Reacción	Dosis
Sulfato de aluminio (forma líquida o sólida)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 3\text{CaSO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 6\text{CO}_2$	En clarificación, 10 a 150 g/m ³ (expresada en producto comercial)según la calidad del agua bruta.
Cloruro de aluminio (forma líquida). De empleo excepcional.	$2\text{AlCl}_3 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CaCl}_2 + 6\text{CO}_2$	
Sulfato de aluminio + cal	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 3\text{CaSO}_4 + 2\text{Al}(\text{OH})_3$	En clarificación, se necesita, de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$, un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 18 H ₂ O.
Sulfato de aluminio + sosa cáustica	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$	En clarificación, se necesita, de sosa cáustica NaOH, el 36 % de la dosis de sulfato de aluminio comercial $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 18 H ₂ O.
Sulfato de aluminio + carbonato sódico	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 3\text{CO}_2$ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6\text{Na}_2\text{CO}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_4 + 6\text{NaHCO}_3$	Se necesita, de sosa Solvay, entre el 50 y el 100 % de la dosis de sulfato de aluminio comercial $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, 18 H ₂ O.
Aluminato sódico	$\text{NaAlO}_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{CaCO}_3 + \text{NaHCO}_3$	En clarificación, 5 a 50 g/m ³ de reactivo comercial del 50 % de Al_2O_3 .
Polímeros de aluminio	$2\text{NaAlO}_2 + 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHCO}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3$	En ciertas condiciones, las sales de aluminio pueden condensarse, llegando a la formación de polímeros capaces de coagular y flocular. Se forma así el policloruro básico de aluminio(PCBA), neutralizando progresivamente con sosa una solución de cloruro de aluminio. Se obtienen polímeros de la forma $\text{Al}_6(\text{OH})_{12}^{6+}$ a $\text{Al}_{54}(\text{OH})_{144}^{8+}$, cuyas propiedades coagulantes y floculantes son excepcionales. El PCBA ha de prepararse en el mismo lugar de su utilización(procedimiento patentado). Por el contrario, otros productos(comercializados con diversas marcas, tales como WAC)pueden prepararse y almacenarse durante un largo período, como consecuencia de la estabilidad aportada al polímero por la adición de diversos productos(aniones de ácidos fuertes, como SO_4^{2-} ...).

Cuadro 6.25: Coagulantes basados en sales de aluminio. Fuente: (21)

Coagulante	Reacción	Dosis
Cloruro férrico (generalmente en forma líquida, a veces cristalizado)	$2\text{FeCl}_3 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 3\text{CaCl}_2 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 6\text{CO}_2$	En clarificación, 5 a 150 g/m ³ de cloruro férrico comercial FeCl_3 , 6H ₂ O.
Cloruro férrico + cal	$2\text{FeCl}_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 3\text{CaCl}_2 + 2\text{Fe}(\text{OH})_3$	En tratamiento de aguas residuales urbanas.
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4 + 6\text{CO}_2$	En clarificación, se necesitan 10 a 150 g/m ³ de reactivo comercial $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 9 H ₂ O.
Sulfato férrico + cal	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{CaSO}_4$	En clarificación, se necesita, de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el 40 % de la dosis de sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, 9 H ₂ O.
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$	En clarificación, se necesitan de 10 a 100 g/m ³ de reactivo comercial FeSO_4 , 7 H ₂ O. En aguas aireadas, el hidróxido ferroso se oxida a hidróxido férrico: $2\text{Fe}(\text{OH})_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3$
Sulfato ferroso + cloro	$2\text{FeSO}_4 + \text{Cl}_2 + 3\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 2\text{CaSO}_4 + \text{CaCl}_2 + 6\text{CO}_2$	Se necesita, de cloro, el 12 % de la dosis de sulfato ferroso FeSO_4 , 7 H ₂ O. El sulfato ferroso y el cloro pueden introducirse separadamente en el agua a tratar, o bien puede oxidarse una solución de sulfato ferroso con cloro, antes de su utilización. Se obtiene entonces una mezcla de sulfato y cloruro férrico, a la que se le conoce comercialmente con el nombre de clorosulfato férrico, según la reacción: $3\text{FeSO}_4 + 3/2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3$
Sulfato ferroso + cal	$\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4$	En clarificación, se necesita, de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el 26 % de la dosis de sulfato férrico FeSO_4 , 7 H ₂ O. En tratamiento de aguas residuales.
Cloruro férrico + aluminato sódico	$3\text{NaAlO}_2 + \text{FeCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$	Se necesita tanto aluminato sódico comercial del 50 % de Al_2O_3 como cloruro férrico comercial FeCl_3 , 6H ₂ O.

Cuadro 6.26: Coagulantes basados en sales de hierro. Fuente: (21)

Coagulante	Reacción	Dosis
Sulfato cúprico	$\text{CuSO}_4 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4 + 2\text{CO}_2$.	5 a 20 g/m ³ (empleo excepcional)
Sulfato cúprico + cal	$\text{CuSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{SaSO}_4$.	Se necesitan 30 g de cal $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por cada 100 g de sulfato cúprico $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (empleo excepcional).
Ozono		El ozono no es coagulante en el sentido propio de la palabra, puesto que no ejerce acción alguna sobre las cargas eléctricas de los coloides del agua. Sin embargo, en algunos casos bien definidos, cuando una agua contiene complejos que ligan las materias orgánicas al hierro o al manganeso, puede suceder que el ozono actúe como ayudante de coagulación. Por una parte, se comprueba la destrucción por el ozono de estos complejos, y, por otra, la oxidación de los iones metálicos así liberados. Si se alcanzan las condiciones de pH requeridas, se formará un precipitado, generalmente frágil y poco voluminoso. Las características de densidad y de cohesión del floculo formado son insuficientes para que se consiga una decantación aceptable, pero puede realizarse una coagulación sobre filtro.

Cuadro 6.27: Otros coagulantes. Fuente: (21)

Contaminant	Oxidant										Ozone	Ozone H ₂ O ₂ (Peroxone)(2)
	Fenton's (H ₂ O ₂ /Fe)											
	MnO ₄ ⁻											
	SO ₅ ²⁻ (1) -SO ₃ ⁻ (Activated persulfate)(1)											
	Rating sources											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Petroleum hydrocarbons	G(4)											
BTEX	E(4)	E(4)	E	E(4)	E	E	E(4)	E	E	E	E	E
Benzene	P4	G4	P4	E(4)	E	E	G(4)	E	E(4)	E	G(4)	E
Phenols	G	E	E	E	E	E	P/G	E	E	E	E	E
PAHs	G	E	E	E	E	E	G	E	G/E	E	E	E
MTBE	G						P/G	E	E	E	E	E
tert-butyl alcohol							G	E	E	E	E	E
Chlorinated ethenes	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Carbon tetrachloride	P	P	P	P/G	P	P	P/G	P	P/E	P/G	E	P
Chloroform	P	P	P	P	P	P	P	P	G/E	P	P	P
Methylene chloride		P		G	P	P		G	G/E	G	G	P
Chlorinated ethanes(5)	P			P	P	P	P	G/E	G	P	P	P
Trichloroethane(5)		P			P	P			P/E		E	P
Dichloroethane(5)		P		G	P	P			G/E	G	G	P
Chlorobenzene		P		E	E	E		E	E	E	E	E
PCBs	P	P	P	P	P	P	P	P	P/E	P	E	E
Energetics (RDX, HMX)	E						G	E	E			
Explosives	E	E					G	G	G/E	E	E	E
Pesticides	G	G					G/E6		G/E	P	P	G/E6
1,4-dioxane(7)							E	E			E	E

Key: P = poor; G = good; E = excellent. While the different sources used slightly different terminology three-tiered ranking represented here by the P, G, and E terminology.

Sources a, e: P = poor; G = good; E = excellent.

Source b: P = recalcitrant, G = reluctant, E = amenable.

Source c: P = recalcitrant, no/low reactivity; G = reluctant, medium reactivity; E = amenable, high reactivity.

Source d: P = difficult to treat, E = susceptible.

1 Persulfate/sulfate radical reactivity studies with 66 organic compounds and isomers under various have been conducted elsewhere (FMC, 2005). (<http://www.envsolutions.fmc.com/Klozar8482/ResourceCenter/tabid/356/Default.aspx>).

2 The reaction between O3 and H2O2 produces ·OH. Therefore, the ratings from source (c) by Fenton's (H2O2/Fe) apply equally to the O3/H2O2 (Peroxone) technology.

3 Source (c) rated Fe-catalyzed and heat-catalyzed persulfate separately; the lower rating applies to persulfate.

4 Benzene was rated separately from TEX or petroleum hydrocarbons; thus, the BTEX or petroleum hydrocarbons ratings excludes benzene.

5 TCA and DCA were rated separately by some sources; the other sources rated chlorinated ethanes as a class of contaminant.

6 A detailed summary of second-order reaction rate constants between pesticides and ·OH is reported in Haag and Yoo (1992).

7 Brown et al. (2004) present experimental results indicating that permanganate, Fenton's reagent, persulfate, and ozone are effective in oxidizing 1,4-dioxane.

Sources:

a Sperry, K.L., and J. Cookson, Jr. 2002. In Situ Chemical Oxidation: Design and Implementation. ITRC Presentation to New Jersey Department of Environmental Protection, October 30, 2002.

b ITRC. 2005. Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater, Second Edition. Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Team.

c Brown, R.A. 2003. In Situ Chemical Oxidation: Performance, Practice, and Pitfalls. APCEE Technology Transfer Workshop, February 24-27, 2003, San Antonio, TX.

d Siegrist, R.L., M.A. Urynowicz, O.R. West, M.L. Crimi, and K.S. Lowe. 2001. Principles and Practices of In Situ Chemical Oxidation Using Permanganate. 367 pp. Battelle Press, Columbus, OH.

e Rating based on the second-order reaction rate constants between contaminants and ·OH reported in Buxton et al. (1988) and Haag and Yoo (1992): Excellent (>100 L/mol-s), Good (10-100 L/mol-s), Poor (<10 L/mol-s).

Cuadro 6.30: Assessment of the Amenability of Various Contaminant and Contaminant Classes to Oxidation Transformation (44).

Capítulo 7

Presentación, análisis y discusión de los resultados

7.1. Presentación, análisis y discusión de resultados en referencia a la LI 1.

7.1.1. En relación con la eliminación del boro, cobre y molibdeno mediante procesos de intercambio iónico (OBJ-DEF 1).

7.1.1.1. Resina 1,7

Los límites alcanzables para estos parámetros se estiman en:

- Boro $0,02 \mu\text{g/L} \pm 0,00$
- Cobre $<20 \mu\text{g/L}$
- Molibdeno $2,37 \mu\text{g/L} \pm 0,36$

El porcentaje de eliminación se estima en:

- Boro: LOG 5,43
- Cobre: LOG 2,18
- Molibdeno: LOG 3,20

La conductividad, pH y la turbidez se han modificado de la siguiente forma:

- $\Delta_{Conductividad20C}$: $-1,41 \mu\text{S}/\text{cm} \mp 0,32$
- Δ_{pH} : $-1,29 \text{ UpH} \mp 0,03$
- $\Delta_{Turbidez}$: $0,26 \text{ NTU} \pm 0,04$

7.1.1.2. Resina 1,9

Los límites alcanzables para estos parámetros se estiman en:

- Boro $0,04 \mu\text{g}/\text{L} \pm 0,00$
- Cobre $<20 \mu\text{g}/\text{L}$
- Molibdeno $2,4 \mu\text{g}/\text{L} \pm 0,36$

El porcentaje de eliminación se estima en:

- Boro: LOG 5,05
- Cobre: LOG 2,18
- Molibdeno: LOG 3,20

La conductividad, pH y la turbidez se han modificado de la siguiente forma:

- $\Delta_{Conductividad20C}$: $-0,70 \mu\text{S}/\text{cm} \mp 0,38$
- Δ_{pH} : $-0,14 \text{ UpH} \mp 0,16$
- $\Delta_{Turbidez}$: $0,29 \text{ NTU} \pm 0,05$

7.1.2. En relación con la eliminación de boro, cromo y molibdeno mediante coagulación-floculación-decantación (OBJDEF 2).

Aunque definida anteriormente la caracterización del agua de origen, se considera conveniente reflejar un extracto de la misma con los valores más significativos para el análisis de los resultados:

- **Boro:** $1 \text{ mg}/\text{L}$
- **Cobre:** $0,015 \text{ mg}/\text{L}$
- **Molibdeno:** $0,008 \text{ mg}/\text{L}$

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.323

- **Conductividad a 20°C:** 4 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **pH:** 7,4 UpH
- **Turbidez:** 0,2 NTU
- **Potencial REDOX:** 327 mV

7.1.2.1. Coagulante: Cloruro férrico con aproximadamente [1 mg/L] de cada metal.

Figura 7.1: Cloruro férrico con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.325

Cloruro férrico (mg/L)	4	8	12	16	20	24
Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	0.73	0.85	1.15	1.65	1.61	1.85
Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	0.79	0.72	0.71	1.27	0.71	0.87
Turbidez inicial (NTU)	1.60	1.00	1.40	1.7	2.7	2.3
Turbidez final (NTU)	1.6	1	0.85	1.45	2.65	1.9
pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.66	6.46	6.38	6.59	6.54	6.46
pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.62	6.37	6.45	6.6	6.73	6.71
pH inicial (Unidades de pH)	6.4	6.4	7.5	7.5	7.4	7.8
pH final (Unidades de pH)	6.40	6.95	7.40	7.5	7.3	7.5
Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	266	306	308	287	300	296
Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	230	265	255	256	247	247
Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	79	96	94	91	96	145
Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	79	96	98	91	97	100

Cuadro 7.1: FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Observaciones:

Con respecto a la turbidez:

- **Observación:** Los valores de turbidez aumentan proporcionalmente a la concentración adicionada de coagulante.
- **Comentario:** Esto es debido a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2, por lo que la adición de coagulante aumenta la cantidad de elementos que enturbian el agua.

Con respecto al pH:

- **Observación:** El pH no se ha visto afectado por la adición del coagulante. Sin embargo, se aprecian distintos valores entre los medidos en el laboratorio de la Escuela y los medidos en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa. Los primeros están a una unidad por debajo de los segundos.
- **Comentario:** Una explicación de este hecho puede ser la precipitación de compuestos dado que entre el tiempo de medida entre los dos laboratorios ha permitido la reacción.
- **Conclusión:** A mayor tiempo en el decantador, mayor precipitación de los compuestos.

Con respecto al potencial REDOX:

- **Observación:** Se mantiene constante tras la adición del coagulante tanto el valor del potencial como la diferencia entre el agua de origen y a la que se le ha añadido el coagulante.

Con respecto a la conductividad:

- **Observación:** La conductividad no sufre variaciones apreciables tras la adición del coagulante.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.327

7.1.2.2. Coagulante: Cloruro férrico con aproximadamente [3 mg/L] de cada metal

Figura 7.2: Cloruro férrico con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Cloruro férrico (mg/L)	4	8	12	16	20	24
Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	0.88	1.27	1.69	1.91	2.43	2.58
Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	0.59	0.45	0.61	0.52	0.62	0.57
Turbidez inicial (NTU)	1.5	2.3	2.1	4.3	1	4.9
Turbidez final (NTU)	1.2	1.5	1.45	2.65	0.85	2.85
pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.35	6.49	6.51	6.42	6.44	6.43
pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.14	6.4	6.45	6.37	6.36	6.51
pH inicial (Unidades de pH)	5.8	5.8	5.9	5.9	6	6
pH final (Unidades de pH)	5.8	5.85	5.9	5.9	6	6
Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	315	292	300	295	303	271
Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	305	291	284	273	263	267
Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	213	216	227	284	224	237
Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	215.5	218	226	285.5	224	238

Cuadro 7.2: FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Observaciones:

Con respecto a la turbidez:

- **Observación:** Los valores de turbidez aumentan proporcionalmente a la concentración adicionada de coagulante.
- **Comentario:** Esto es debido a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2, por lo que la adición de coagulante aumenta la cantidad de elementos que enturbian el agua.
- **Observación:** La turbidez final medida en el laboratorio de la Escuela se mantiene constante.

Con respecto al pH:

- **Observación:** El pH no se ha visto afectado por la adición del coagulante. Sin embargo, se aprecian distintos valores entre los medidos en el laboratorio de la Escuela y los medidos en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa. Los primeros son 0,6 unidades superiores a los segundos.
- **Comentario:** Un explicación de este hecho puede ser la precipitación de compuestos dado que entre el tiempo de medida entre los dos laboratorios ha permitido la reacción.
- **Conclusión:** A mayor tiempo en el decantador, mayor precipitación de los compuestos.

Con respecto al potencial REDOX:

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.329

- **Observación:** Ha disminuido en la misma proporción tras la adición del coagulante.

Con respecto a la conductividad:

- **Observación:** La conductividad no sufre variaciones apreciables tras la adición del coagulante

7.1.2.3. Coagulante: Sulfato de aluminio con aproximadamente [1 mg/L] de cada metal

Figura 7.3: Sulfato de aluminio con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.331

Sulfato de aluminio (mg/L)	4	8	12	16	20	24
Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	0.73	0.85	1.15	1.65	1.61	1.85
Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	0.79	0.72	0.71	1.27	0.71	0.87
Turbidez inicial (NTU)	1.60	1.00	1.40	1.7	2.7	2.3
Turbidez final (NTU)	1.6	1	0.85	1.45	2.65	1.9
pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.66	6.46	6.38	6.59	6.54	6.46
pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.62	6.37	6.45	6.6	6.73	6.71
pH inicial (Unidades de pH)	6.4	6.4	7.5	7.5	7.4	7.8
pH final (Unidades de pH)	6.40	6.95	7.40	7.5	7.3	7.5
Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	266	306	308	287	300	296
Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	230	265	255	256	247	247
Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	79	96	94	91	96	145
Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	79	96	98	91	97	100

Cuadro 7.3: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Observaciones:

Con respecto a la turbidez:

- **Observación:** Los valores de turbidez medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa aumentan proporcionalmente a la concentración adicionada de coagulante.
- **Comentario:** Esto es debido a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2, por lo que la adición de coagulante aumenta la cantidad de elementos que enturbian el agua.

Con respecto al pH:

- **Observación:** El pH disminuye proporcionalmente por la adición del coagulante. Además, se aprecian distintos valores entre los medidos en el laboratorio de la Escuela y los medidos en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa. Los primeros están a una unidad por debajo de los segundos.
- **Comentario:** Un explicación de este hecho puede ser la precipitación de compuestos dado que entre el tiempo de medida entre los dos laboratorios ha permitido la reacción.
- **Conclusión:** A mayor tiempo en el decantador, mayor precipitación de los compuestos.

Con respecto al potencial REDOX:

- **Observación:** El potencial REDOX disminuye proporcionalmente por la adición del coagulante.

Con respecto a la conductividad:

- **Observación:** La conductividad disminuye en los valores centrales de coagulante. Sin embargo, aumenta un 300 % en los extremos.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.333

7.1.2.4. Coagulante: Sulfato de aluminio con aproximadamente [3 mg/L] de cada metal

Figura 7.4: Sulfato de aluminio con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Sulfato de aluminio (mg/L)	4	8	12	16	20	24
Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	0.88	1.27	1.69	1.91	2.43	2.58
Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	0.59	0.45	0.61	0.52	0.62	0.57
Turbidez inicial (NTU)	1.5	2.3	2.1	4.3	1	4.9
Turbidez final (NTU)	1.2	1.5	1.45	2.65	0.85	2.85
pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.35	6.49	6.51	6.42	6.44	6.43
pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.14	6.4	6.45	6.37	6.36	6.51
pH inicial (Unidades de pH)	5.8	5.8	5.9	5.9	6	6
pH final (Unidades de pH)	5.8	5.85	5.9	5.9	6	6
Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	315	292	300	295	303	271
Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	305	291	284	273	263	267
Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	213	216	227	284	224	237
Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	215.5	218	226	285.5	224	238

Cuadro 7.4: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Observaciones:

Con respecto a la turbidez:

- **Observación:** Los valores de turbidez medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa aumentan proporcionalmente a la concentración adicionada de coagulante.
- **Comentario:** Esto es debido a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2, por lo que la adición de coagulante aumenta la cantidad de elementos que enturbian el agua.
- **Observación:** Los valores de turbidez medida en el laboratorio de la Escuela se mantienen constantes sin depender de la concentración adicionada de coagulante.

Con respecto al pH:

- **Observación:** El pH aumenta conforme aumenta la cantidad de coagulante.
- **Comentario:** Esto es debido a la adición del coagulante (sulfato de aluminio). **al contrario que el anterior**
  - **Observación:** Se aprecian distintos valores entre los medidos en el laboratorio de la Escuela y los medidos en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa. Los primeros son 0,5 unidades superiores a los segundos.
  - **Comentario:** Un explicación de este hecho puede ser la precipitación de compuestos dado que entre el tiempo de medida entre los dos laboratorios ha permitido la reacción.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.335

- **Conclusión:** A mayor tiempo en el decantador, mayor precipitación de los compuestos.

Con respecto al potencial REDOX:

- **Observación:** El potencial REDOX disminuye conforme aumenta la cantidad de coagulante.

Con respecto a la conductividad:

- **Observación:** La conductividad disminuye en los valores centrales de coagulante. Sin embargo, aumenta un 300 % en los extremos.

7.1.2.5. Coagulante: Ozono + Cloruro férrico con aproximadamente [3 mg/L] de cada metal y

Figura 7.5: Ozono + Cloruro férrico con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.337

Cloruro férrico (mg/L)	4	8	12	16	20	24
Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	0.61	1.16	1.35	1.46	1.74	2.07
Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	0.78	0.73	0.59	0.5	0.53	0.54
Turbidez inicial (NTU)	1	1.9	2.4	2.9	3.7	4.2
Turbidez final (NTU)	1	1.2	1.5	1.65	2.1	2.5
pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.39	6.6	6.45	6.42	6.53	6.34
pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.52	6.39	6.33	6.27	6.54	6.55
pH inicial (Unidades de pH)	6.9	6.8	6.8	6.7	6.8	6.7
pH final (Unidades de pH)	6.9	6.8	6.8	6.7	6.8	6.7
Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	642	815	825	745	841	813
Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	329	331	338	333	325	319
Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	224	224	230	273	240	261
Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	227	225	230.5	272.5	235	260

Cuadro 7.5: $\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Observaciones:

Con respecto a la turbidez:

- **Observación:** Los valores de turbidez aumentan proporcionalmente a la concentración adicionada de coagulante.
- **Comentario:** Esto es debido a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2, por lo que la adición de coagulante aumenta la cantidad de elementos que enturbian el agua.

Con respecto al pH:

- **Observación:** El pH disminuye proporcionalmente por la adición del coagulante.
- **Comentario:** Una explicación de este hecho puede ser la precipitación de compuestos dado que entre el tiempo de medida entre los dos laboratorios ha permitido la reacción.
- **Conclusión:** A mayor tiempo en el decantador, mayor precipitación de los compuestos.

Con respecto al potencial REDOX:

- **Observación:** El potencial REDOX se mantiene constante independientemente de la adición de coagulante.
- **Comentario:** Al adicionar ozono, el potencial REDOX ha aumentado en alrededor de 500 mV.

Con respecto a la conductividad:

- **Observación:** La conductividad aumenta conforme lo hace la cantidad adicionada de coagulante..

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.339

7.1.2.6. Coagulante: Ozono + Sulfato de aluminio con aproximadamente [3 mg/L] de cada metal

Figura 7.6: Ozono + Sulfato de aluminio con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Sulfato de aluminio (mg/L)	4	8	12	16	20	24
Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)	0.74	0.58	0.72	0.69	0.64	0.7
Turbidez final medida en laboratorio (NTU)	0.47	0.37	0.44	0.43	0.37	0.43
Turbidez inicial (NTU)	2.7	1.2	1.6	1.5	2.6	2.3
Turbidez final (NTU)	1.9	0.8	1.15	1.1	2.05	1.4
pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.53	6.47	6.39	6.58	6.43	6.7
pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)	6.47	6.53	6.4	6.56	6.49	6.62
pH inicial (Unidades de pH)	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7
pH final (Unidades de pH)	6.8	6.8	6.75	6.7	6.7	6.7
Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	812	886	739	903	898	830
Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)	543	528	509	484	478	459
Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	214	228	23	228	234	231
Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	214	228	123.5	228	235	230.5

Cuadro 7.6: $\text{O}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo: Parámetros físicos

Observaciones:

Con respecto a la turbidez:

- **Observación:** Los valores de turbidez se mantienen constantes independientemente de la concentración adicionada de coagulante.

Con respecto al pH:

- **Observación:** El pH no se ha visto afectado por la adición del coagulante. Sin embargo, se aprecian distintos valores entre los medidos en el laboratorio de la Escuela y los medidos en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa. Los primeros son 0,6 unidades superiores a los segundos.
- **Comentario:** Una explicación de este hecho puede ser la precipitación de compuestos dado que entre el tiempo de medida entre los dos laboratorios ha permitido la reacción.
- **Conclusión:** A mayor tiempo en el decantador, mayor precipitación de los compuestos.

Con respecto al potencial REDOX:

- **Observación:** El potencial REDOX se mantiene constante independientemente de la adición de coagulante.
- **Comentario:** Al adicionar ozono, el potencial REDOX ha aumentado en alrededor de 500 mV.

Con respecto a la conductividad:

- **Observación:** La conductividad no sufre variaciones apreciables tras la adición del coagulante.

7.1.2.7. Turbidez inicial medida en laboratorio

Figura 7.7: Turbidez inicial medida en laboratorio

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.73	0.85	1.15	1.65	1.61	1.85
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.88	1.27	1.69	1.91	2.43	2.58
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.73	0.85	1.15	1.65	1.61	1.85
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.88	1.27	1.69	1.91	2.43	2.58
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.61	1.16	1.35	1.46	1.74	2.07
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.74	0.58	0.72	0.69	0.64	0.7

Cuadro 7.7: Turbidez inicial medida en laboratorio (NTU)

Con respecto a la Turbidez inicial medida en laboratorio:

- **Observación:** Se diferencian dos tipos de tendencias: Por un lado, se aprecia un crecimiento del valor de la turbidez proporcional a la adición y, por otro lado, se aprecian valores constantes en la turbidez.
- **Comentario:** La primera tendencia puede ser debida a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2, por lo que la adición de coagulante aumenta la cantidad de elementos que enturbian el agua. Sin embargo, la segunda tendencia parece estar directamente relacionada con la adición de ozono.

- **Conclusión:** La adición de ozono provoca la precipitación del hierro y el aluminio al participar en la formación de sus óxidos. Por otro lado, se percata la incompatibilidad de los procesos de ozono con la coagulación mediante sales de hierro y de aluminio, en especial las aquí estudiadas.

7.1.2.8. Turbidez final medida en laboratorio

Figura 7.8: Turbidez final medida en laboratorio

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.79	0.72	0.71	1.27	0.71	0.87
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.59	0.45	0.61	0.52	0.62	0.57
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.79	0.72	0.71	1.27	0.71	0.87
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.59	0.45	0.61	0.52	0.62	0.57
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.78	0.73	0.59	0.5	0.53	0.54
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.47	0.37	0.44	0.43	0.37	0.43

Cuadro 7.8: Turbidez final medida en laboratorio (NTU)

Con respecto a Turbidez final medida en laboratorio:

- **Observación:** No se aprecian diferencias apreciables en la turbidez final medida en el laboratorio de la Escuela.
- **Observación:** El Cloruro férrico ha provocado una mayor turbidez residual que el sulfato de aluminio. Éste último ha aumentado sólo en 0,1 NTU a la inicial.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.343

- **Observación:** No se tiene en consideración el valor correspondiente a la curva de FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 16 mg/l.

7.1.2.9. Turbidez inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Figura 7.9: Turbidez inicial

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo	1.60	1.00	1.40	1.7	2.7	2.3
FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.5	2.3	2.1	4.3	1	4.9
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	1.60	1.00	1.40	1.7	2.7	2.3
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.5	2.3	2.1	4.3	1	4.9
$\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1	1.9	2.4	2.9	3.7	4.2
$\text{O}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.7	1.2	1.6	1.5	2.6	2.3

Cuadro 7.9: Turbidez inicial (NTU)

Con respecto a la turbidez inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa:

- **Observación:** La turbidez inicial aumenta proporcionalmente a la adición de coagulante.

- **Comentario:** Esto puede ser debido a que el agua de partida procede de un agua tratada con una turbidez de valor 0,2.
- **Observación:** La turbidez inicial tiene valores dispares sin definir claramente una recta.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 16 y 20 mg/l.

7.1.2.10. Turbidez final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Figura 7.10: Turbidez final

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo	1.6	1	0.85	1.45	2.65	1.9
FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.2	1.5	1.45	2.65	0.85	2.85
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	1.6	1	0.85	1.45	2.65	1.9
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.2	1.5	1.45	2.65	0.85	2.85
$\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1	1.2	1.5	1.65	2.1	2.5
$\text{O}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.9	0.8	1.15	1.1	2.05	1.4

Cuadro 7.10: Turbidez final (NTU)

Con respecto a la turbidez final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa:

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.345

- **Observación:** Se observan resultado dispares sin relación aparente.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 16 y 20 mg/l.

7.1.2.11. pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela

Figura 7.11: pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.66	6.46	6.38	6.59	6.54	6.46
FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.35	6.49	6.51	6.42	6.44	6.43
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.66	6.46	6.38	6.59	6.54	6.46
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.35	6.49	6.51	6.42	6.44	6.43
$\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.39	6.6	6.45	6.42	6.53	6.34
$\text{O}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.53	6.47	6.39	6.58	6.43	6.7

Cuadro 7.11: pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)

Con respecto al pH inicial medido en laboratorio de la Escuela:

- **Observación:** El pH se mantiene constante independientemente de la cantidad de coagulante adicionada.
- **Conclusión:** No se puede demostrar una relación directa entre la cantidad de coagulante adicionada y el pH inicial medido en el laboratorio de la Escuela.

7.1.2.12. pH final medido en el laboratorio de la Escuela

Figura 7.12: pH final medido en el laboratorio de la Escuela

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.62	6.37	6.45	6.6	6.73	6.71
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.14	6.4	6.45	6.37	6.36	6.51
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.62	6.37	6.45	6.6	6.73	6.71
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.14	6.4	6.45	6.37	6.36	6.51
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.52	6.39	6.33	6.27	6.54	6.55
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.47	6.53	6.4	6.56	6.49	6.62

Cuadro 7.12: pH final medido en el laboratorio de la Escuela (Unidades de pH)

Con respecto al pH final medido en el laboratorio de la Escuela:

- **Observación:** El pH final medido en el laboratorio de la Escuela aumenta conforme a la cantidad adicionada de coagulante. Además, se observan diferencias en las gráficas que representan las diferentes cantidades de los elementos adicionados.
- **Conclusión:** La reducción de pH es mayor cuanto menor es la cantidad de coagulante adicionada.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.347

7.1.2.13. pH inicial medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Figura 7.13: pH inicial medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.4	6.4	7.5	7.5	7.4	7.8
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	5.8	5.8	5.9	5.9	6	6
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.4	6.4	7.5	7.5	7.4	7.8
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	5.8	5.8	5.9	5.9	6	6
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.9	6.8	6.8	6.7	6.8	6.7
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7

Cuadro 7.13: pH inicial medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa (Unidades de pH)

Con respecto a pH inicial medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa:

- **Observación:** Los valores de pH se mantienen constantes independientemente de la cantidad de coagulante adicionada. Sin embargo, las gráficas muestran una separación entre ellas que para los valores tomados en el laboratorio de la Escuela.
- **Comentario:** Debido al tiempo transcurrido entre el ensayo y la analítica en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa, los compuestos de la muestra han precipitado en sales insolubles.

7.1.2.14. pH final medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Figura 7.14: pH final medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.40	6.95	7.40	7.5	7.3	7.5
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	5.8	5.85	5.9	5.9	6	6
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	6.40	6.95	7.40	7.5	7.3	7.5
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	5.8	5.85	5.9	5.9	6	6
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.9	6.8	6.8	6.7	6.8	6.7
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	6.8	6.8	6.75	6.7	6.7	6.7

Cuadro 7.14: pH final (Unidades de pH)

Con respecto al pH final medido en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa:

- **Observación:** Los valores de pH se mantienen constantes independientemente de la cantidad de coagulante adicionada. Sin embargo, las gráficas muestran una separación entre ellas que para los valores tomados en el laboratorio de la Escuela. Los valores de las muestras tras la inmediata aplicación de proceso y posterior a la precipitación de los compuestos son coincidentes.
- **Comentario:** Debido al tiempo transcurrido entre el ensayo y la analítica en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa, los compuestos de la muestra han precipitado en sales insolubles.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.349

7.1.2.15. Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela

Figura 7.15: Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	266	306	308	287	300	296
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	315	292	300	295	303	271
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	266	306	308	287	300	296
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	315	292	300	295	303	271
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	642	815	825	745	841	813
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	812	886	739	903	898	830

Cuadro 7.15: Potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela (mV)

Con respecto al potencial REDOX inicial medido en el laboratorio de la Escuela:

- **Observación:** Los valores representan los potenciales REDOX generados por la adición de los diversos coagulantes y el ozono. La adición de éste supone un incremento del potencial REDOX de alrededor de 500 mV.

7.1.2.16. Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela

Figura 7.16: Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	230	265	255	256	247	247
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	305	291	284	273	263	267
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	230	265	255	256	247	247
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	305	291	284	273	263	267
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	329	331	338	333	325	319
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	543	528	509	484	478	459

Cuadro 7.16: Potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela (mV)

Con respecto al potencial REDOX final medido en el laboratorio de la Escuela:

- **Observación:** Los valores representan los potenciales REDOX generados por la adición de los diversos coagulantes y el ozono. En el caso del sulfato de aluminio seguido de ozono supone un incremento del potencial REDOX de alrededor de 500 mV. Sin embargo, en el caso de la adición de Cloruro férrico seguido de ozono, el potencial REDOX recupera valores hasta sólo 100 mV por encima de los procesos en los que sólo se adiciona el coagulante.

7.1.2.17. Conductividad inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Figura 7.17: Conductividad inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	79	96	94	91	96	145
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	213	216	227	284	224	237
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	79	96	94	91	96	145
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	213	216	227	284	224	237
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	224	224	230	273	240	261
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	214	228	23	228	234	231

Cuadro 7.17: Conductividad inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Con respecto a la conductividad inicial medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa:

- **Observación:** Los valores se corresponden con la cantidad de contaminante adicionado.

7.1.2.18. Conductividad final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Figura 7.18: Conductividad final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	79	96	98	91	97	100
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	215.5	218	226	285.5	224	238
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	79	96	98	91	97	100
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	215.5	218	226	285.5	224	238
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	227	225	230.5	272.5	235	260
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	214	228	123.5	228	235	230.5

Cuadro 7.18: Conductividad final ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Con respecto a la conductividad final medida en el laboratorio del Instituto de Toxicología de la Defensa:

- **Observación:** Los valores se corresponden con la cantidad de contaminante adicionado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de FeCl₃ O₃ + FeCl₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo con [3 mg/L] B, Cu, Mo y O₃ + FeCl₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 16 mg/l.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.353

7.1.2.19. Boro final

Figura 7.19: Boro final

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.95	1.00	1.05	1	1.1	1
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	3.05	3.05	3.05	3.15	2.95	3.05
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.95	2.05	0.95	1	1.95	1.95
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.85	3	2.95	3.05	3.1	3.1
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	3	3	3.1	3.15	2.95	3.15
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.95	3.1	3.1	3.15	3.05	3.1

Cuadro 7.19: Boro final (mg/L)

Con respecto a la concentración final de boro:

- **Observación:** Con la concentración inicial de 4 mg/L se han alcanzado rendimientos similares independientemente del tratamiento aplicado.
- **Observación:** Con la concentración inicial de 2 mg/L se han obtenido mejores resultados al utilizar Cloruro férrico que con sulfato de aluminio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de Al₂(SO₄)₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo.

7.1.2.20. Cobre final

Figura 7.20: Cobre final

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.32550	0.47900	0.35000	0.1835	0.252	0.308
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.5335	1.231	1.2115	1.271	0.966	0.9765
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.344	0.569	0.555	0.4485	0.323	0.379
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.0385	0.6615	2.192	0.488	0.373	0.410
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.9135	1.6255	1.4615	1.830	0.9855	1.094
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	0.744	0.575	0.978	0.6525	0.7875	0.4535

Cuadro 7.20: Cobre final (mg/L)

Con respecto a la concentración final de cobre:

- **Observación:** Con la concentración inicial de 3 mg/L se han alcanzado rendimientos dispares.
- **Observación:** Con la concentración inicial de 1 mg/L se han alcanzado rendimientos similares independientemente del coagulante aplicado.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.355

7.1.2.21. Molibdeno final

Figura 7.21: Molibdeno final

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.75	0.60	0.60	0.3	0.3	0.35
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.2	2.05	2.05	1.8	1.6	1.45
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	0.75	0.8	0.8	0.8	1.45	1.45
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.1	2.2	2.8	2.25	2.25	1.85
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	2.35	2	2.05	1.7	1.65	1.55
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	1.9	2	2.1	2.25	2.15	2.1

Cuadro 7.21: Molibdeno final (mg/L)

Con respecto a la concentración final de molibdeno:

- **Observación:** Se observan valores dispares en las concentraciones finales de molibdeno.

7.1.2.22. Porcentaje de reducción de boro

Figura 7.22: Porcentaje de reducción de boro

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	52.50	50.00	47.50	50.00	45.00	50.00
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	23.75	23.75	23.75	21.25	26.25	23.75
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	52.50	50.00	52.50	50.00	2.50	2.50
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	28.75	25.00	26.25	23.75	22.50	22.50
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	25.00	25.00	22.50	21.25	26.25	21.25
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	26.25	22.50	22.50	21.25	23.75	22.50

Cuadro 7.22: Porcentaje de reducción de boro (%)

Con respecto al rendimiento de reducción de boro:

- **Observación:** Se observan dos grupos en el rendimiento de estos procesos para la eliminación del boro. Para valores iniciales de 2 mg/L de Boro se obtiene un rendimiento de eliminación del 50 % y para los de 4 mg/L se reduce al 30 %.
- **Conclusión:** A mayor concentración de boro, menor es el rendimiento de eliminación obtenido pasando del 50 % para valores iniciales de 2 mg/L pasando al 30 % al aumentar la concentración hasta 4 mg/L.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de Al₂(SO₄)₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 16 y 20 mg/l.

7.1. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 1.357

7.1.2.23. Porcentaje de reducción de cobre

Figura 7.23: Porcentaje de reducción de cobre

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	67.93	52.81	65.52	81.92	75.17	69.66
FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	49.14	59.17	59.82	57.84	67.96	67.61
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	66.11	43.94	45.32	55.81	68.18	62.66
Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	32.39	78.06	27.30	83.81	87.63	86.40
O ₃ + FeCl ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	36.53	46.09	51.53	39.30	67.31	63.71
O ₃ + Al ₂ (SO ₄) ₃ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	75.32	80.93	67.56	78.36	73.88	84.96

Cuadro 7.23: Porcentaje de reducción de cobre (%)

Con respecto al rendimiento de reducción de cobre:

- **Observación:** Los valores de rendimiento de los procesos se establecen en una franja entre el 45 y el 80 % sin que tenga relación directa ni con la cantidad de contaminante ni con la cantidad de coagulante.
- **Conclusión:** No se puede determinar el rendimiento de eliminación de cobre aunque se puede estimar dentro de la banda del 45 al 80 %.
- **Conclusión:** Este tipo de procedimiento no asegura el rendimiento de eliminación del cobre.

- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo y $\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 12 y 16 mg/l respectivamente.

7.1.2.24. Porcentaje de reducción de molibdeno

Figura 7.24: Porcentaje de reducción de molibdeno

Coagulante (mg/L)	4	8	12	16	20	24
FeCl_3 con [1 mg/L] B, Cu, Mo	58.33	66.67	66.67	83.33	83.33	80.56
FeCl_3 con [3 mg/L] B, Cu, Mo	42.11	46.05	46.05	52.63	57.89	61.84
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo	58.33	55.56	55.56	55.56	19.44	19.44
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	44.74	42.11	26.32	40.79	40.79	51.32
$\text{O}_3 + \text{FeCl}_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	38.16	47.37	46.05	55.26	56.58	59.21
$\text{O}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [3 mg/L] B, Cu, Mo	50.00	47.37	44.74	40.79	43.42	44.74

Cuadro 7.24: Porcentaje de reducción de molibdeno (%)

Con respecto al rendimiento de reducción de molibdeno:

- **Observación:** Los valores de rendimiento de los procesos se establecen en una franja entre el 30 y el 70 % sin que tenga relación directa ni con la cantidad de contaminante ni con la cantidad de coagulante.
- **Conclusión:** No se puede determinar el rendimiento de eliminación de molibdeno aunque se puede estimar dentro de la banda del 30 al 70 %.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.359

- **Conclusión:** Este tipo de procedimiento no asegura el rendimiento de eliminación del molibdeno.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ con [1 mg/L] B, Cu, Mo con la concentración del coagulante de 16 y 20 mg/l.

7.2. Presentación, análisis y discusión de resultados en referencia a la LI 2.

7.2.1. En relación con la eliminación del clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de carbón activo granular (OBJDEF 3).

Compuesto	C_1 ($\mu\text{g/L}$)	% reducción ₁	C_2 ($\mu\text{g/L}$)	% reducción ₂
1,2 dicloroetano	9,5	95,79 %	4,75	78,95 %
1,1 dicloroetano	6,75	85,19 %	2,85	64,91 %
clorobenceno	3,45	71,01 %	1,3	23,08 %
1,3 dicloropropeno	1	0,00 %	0,7	-42,86 %
hexacloro 1,3 butadieno	10,5	90,48 %	3,15	68,25 %

Cuadro 7.25: Porcentaje de eliminación de los compuestos tras CAG

7.2.2. En relación con la eliminación del clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de oxidación avanzada (OBJDEF 4).

Cantidad de Clorobenceno	Dosis UV-C (min)			
	0	2	4	6
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-12,97 %	10,04 %	49,16 %	38,70 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L		25,70 %	48,81 %	48,38 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-1,03 %	23,20 %	38,14 %	44,33 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L		26,54 %	35,01 %	17,16 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	3,24 %	35,67 %	49,66 %	60,24 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L		22,06 %	29,41 %	38,48 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-16,49 %	21,09 %	34,45 %	33,61 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		24,58 %	30,96 %	47,28 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	-2,42 %	35,68 %	29,74 %	51,10 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		28,98 %	36,55 %	52,74 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	-3,42 %	32,03 %	45,72 %	60,88 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		23,90 %	33,77 %	45,97 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-2,01 %	27,64 %	37,44 %	52,01 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-1,49 %	29,46 %	33,63 %	56,85 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-35,08 %	-20,94 %	-14,66 %	6,28 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L		31,29 %	48,47 %	52,15 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-3,80 %	30,43 %	56,52 %	34,78 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L		27,96 %	37,10 %	56,45 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	0,95 %	31,43 %	50,48 %	58,57 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L		24,02 %	41,73 %	45,28 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	8,97 %	40,69 %	58,62 %	66,21 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L		40,78 %	40,78 %	52,43 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-7,30 %	29,20 %	48,91 %	67,88 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		22,96 %	38,52 %	45,19 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	37,70 %	27,87 %	45,08 %	46,72 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		33,83 %	48,87 %	63,16 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	16,87 %	49,40 %	54,22 %	57,83 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		56,10 %	63,41 %	70,73 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	5,26 %	49,47 %	56,84 %	63,16 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L		46,15 %	52,75 %	58,24 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	25,00 %	53,95 %	64,47 %	64,47 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L		56,00 %	61,00 %	59,00 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	27,03 %	58,11 %	62,16 %	74,32 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L		67,86 %	67,86 %	41,67 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-52,17 %	10,87 %	23,91 %	47,83 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		24,73 %	39,78 %	49,46 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	18,95 %	50,53 %	58,95 %	67,37 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		49,30 %	56,34 %	63,38 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	45,59 %	69,12 %	75,00 %	77,94 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		58,00 %	66,00 %	76,00 %

Cuadro 7.26: Porcentaje de eliminación de Clorobenceno

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.361

Cantidad de 1,1 Dicloroetano	Dosis UV-C (min)			
	0	2	4	6
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-9,52 %	4,37 %	13,10 %	19,25 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L		8,77 %	4,61 %	12,94 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	1,28 %	1,28 %	9,69 %	27,55 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L		10,49 %	3,91 %	-38,27 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	5,02 %	10,05 %	18,87 %	5,18 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L		10,36 %	6,04 %	4,49 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-14,01 %	1,26 %	0,28 %	-1,40 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		13,27 %	5,61 %	10,40 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	3,65 %	17,27 %	-18,70 %	-18,23 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		14,99 %	8,42 %	11,50 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	6,12 %	16,33 %	13,44 %	13,10 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		10,14 %	6,16 %	-2,19 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-1,95 %	13,48 %	8,20 %	5,86 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-2,37 %	14,93 %	9,48 %	10,43 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-30,29 %	-47,08 %	-50,00 %	-49,27 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L		5,99 %	7,90 %	3,54 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-7,50 %	7,50 %	-51,67 %	-45,42 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L		9,52 %	5,78 %	18,37 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	1,46 %	15,79 %	13,74 %	12,87 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L		5,94 %	6,46 %	7,49 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-3,93 %	10,48 %	6,99 %	6,55 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L		16,75 %	8,38 %	7,85 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-2,33 %	13,49 %	9,77 %	7,91 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		11,67 %	9,44 %	10,56 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	43,59 %	12,18 %	8,33 %	9,62 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		8,43 %	4,49 %	5,06 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	4,67 %	18,69 %	13,08 %	12,15 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		24,68 %	20,83 %	20,83 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-5,18 %	15,03 %	8,81 %	9,84 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L		14,80 %	9,69 %	14,29 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	3,29 %	21,05 %	20,39 %	18,42 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L		16,78 %	15,38 %	17,48 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	11,45 %	29,01 %	23,66 %	23,66 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L		28,35 %	24,41 %	18,90 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-7,84 %	10,78 %	5,88 %	6,86 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		-10,61 %	-12,12 %	-14,39 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	6,47 %	21,58 %	17,27 %	18,71 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		14,85 %	12,87 %	12,87 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	6,98 %	26,74 %	24,42 %	22,09 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		23,94 %	19,72 %	22,54 %

Cuadro 7.27: Porcentaje de eliminación de 1,1 Dicloroetano

Cantidad de 1,2 Dicloroetano	Dosis UV-C (min)			
	0	2	4	6
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	3,46 %	4,67 %	11,79 %	15,24 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L		7,13 %	5,79 %	8,02 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	2,69 %	-0,24 %	7,33 %	9,05 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L		7,85 %	1,62 %	-52,42 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	1,05 %	5,08 %	16,74 %	1,20 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L		3,75 %	0,59 %	3,16 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-33,20 %	-33,40 %	-31,84 %	-30,68 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		6,84 %	0,30 %	6,39 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	2,87 %	11,96 %	-44,34 %	-39,23 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		12,41 %	8,50 %	11,22 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	7,91 %	11,37 %	11,20 %	12,19 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		4,41 %	0,19 %	-9,60 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-2,05 %	6,48 %	5,97 %	3,75 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-1,10 %	8,46 %	4,41 %	7,54 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-33,98 %	-58,56 %	-59,94 %	-54,70 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L		5,99 %	7,90 %	3,54 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-16,48 %	-8,05 %	-75,48 %	-67,05 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L		6,28 %	1,37 %	9,02 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	0,00 %	8,82 %	9,07 %	9,82 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L		5,13 %	6,92 %	9,38 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-2,65 %	6,47 %	5,59 %	7,35 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L		8,50 %	4,58 %	5,56 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	1,53 %	8,90 %	8,28 %	7,67 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		8,75 %	8,08 %	9,76 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	29,45 %	6,55 %	6,18 %	7,27 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		4,46 %	2,60 %	2,60 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	-3,04 %	7,39 %	3,48 %	3,48 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		10,80 %	9,38 %	9,38 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-7,02 %	6,58 %	5,70 %	6,14 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L		8,68 %	3,65 %	9,13 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-2,11 %	9,47 %	8,95 %	8,95 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L		9,04 %	10,64 %	11,70 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	0,59 %	11,83 %	9,47 %	10,06 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L		17,37 %	12,57 %	10,78 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-4,05 %	5,41 %	4,73 %	6,08 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		-18,09 %	-15,96 %	-16,49 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	5,66 %	12,26 %	9,91 %	14,62 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		2,40 %	2,99 %	2,99 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	-0,62 %	16,67 %	10,49 %	10,49 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		13,07 %	10,46 %	24,84 %

Cuadro 7.28: Porcentaje de eliminación de 1,2 Dicloroetano

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.363

Cantidad de 1,3 Dicloropropeno	Dosis UV-C (min)			
	0	2	4	6
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-26,13 %	-6,13 %	11,47 %	12,80 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L		6,95 %	8,76 %	13,90 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-3,28 %	5,84 %	12,41 %	17,15 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L		4,46 %	1,49 %	-50,19 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	8,02 %	22,73 %	37,70 %	38,24 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L		90,83 %	91,25 %	78,75 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-52,34 %	-42,98 %	-37,45 %	-32,77 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		8,66 %	3,88 %	14,33 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	-3,21 %	17,86 %	-5,00 %	10,00 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		2,75 %	2,29 %	6,42 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	6,49 %	23,38 %	29,87 %	42,86 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		12,28 %	2,34 %	-56,14 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-5,94 %	11,19 %	12,59 %	14,34 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-1,98 %	11,07 %	11,46 %	21,74 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-10,96 %	-21,92 %	-29,45 %	-21,23 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L		14,77 %	24,16 %	28,19 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	56,52 %	56,52 %	56,52 %	56,52 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L		-20,59 %	-8,82 %	5,88 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	55,56 %	55,56 %	55,56 %	55,56 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L		25,81 %	24,19 %	38,71 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	89,90 %	89,90 %	89,90 %	89,90 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L		0,00 %	0,00 %	0,00 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	2,70 %	35,14 %	37,84 %	64,86 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		-32,43 %	-37,84 %	-27,03 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	50,00 %	15,91 %	18,18 %	27,27 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		31,03 %	31,03 %	31,03 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	-17,65 %	-17,65 %	-17,65 %	-17,65 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		61,54 %	61,54 %	61,54 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	31,03 %	31,03 %	31,03 %	31,03 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L		9,09 %	9,09 %	9,09 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-81,82 %	-81,82 %	-81,82 %	-81,82 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L		0,00 %	0,00 %	0,00 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L		-33,33 %	-33,33 %	-33,33 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-5,26 %	-5,26 %	-5,26 %	-5,26 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		23,08 %	23,08 %	23,08 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	42,86 %	42,86 %	42,86 %	42,86 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		-25,00 %	-25,00 %	-25,00 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	4,76 %	4,76 %	4,76 %	4,76 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		-5,26 %	-5,26 %	-5,26 %

Cuadro 7.29: Porcentaje de eliminación de 1,3 Dicloropropeno

Cantidad de Hexacloro 1,3 butadieno	Dosis UV-C (min)			
	0	2	4	6
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-13,20 %	75,25 %	94,39 %	84,82 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L		83,33 %	88,52 %	88,89 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	12,07 %	84,91 %	90,09 %	87,07 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L		91,29 %	94,19 %	92,26 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	4,95 %	88,06 %	87,84 %	93,02 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L		89,97 %	91,35 %	92,04 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	0,23 %	93,22 %	95,33 %	86,21 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		85,64 %	93,95 %	95,97 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	0,56 %	88,76 %	94,38 %	95,22 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		89,44 %	95,07 %	96,48 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	6,84 %	90,03 %	92,88 %	93,73 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		89,69 %	95,53 %	94,16 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	9,24 %	90,76 %	94,59 %	96,18 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	0,00 %	90,67 %	92,91 %	96,27 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-26,90 %	55,33 %	80,20 %	83,76 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L		82,89 %	90,79 %	85,53 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-17,39 %	86,96 %	89,13 %	89,13 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L		71,15 %	76,92 %	73,08 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	2,15 %	75,27 %	78,49 %	78,49 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L		83,74 %	89,43 %	86,18 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	5,88 %	64,71 %	70,59 %	70,59 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L		64,91 %	64,91 %	64,91 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	7,69 %	76,92 %	69,23 %	69,23 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		67,74 %	67,74 %	67,74 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	45,00 %	65,00 %	50,00 %	50,00 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		60,00 %	60,00 %	60,00 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	8,33 %	44,44 %	44,44 %	44,44 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		82,00 %	79,00 %	80,00 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	1,69 %	66,10 %	66,10 %	66,10 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L		68,25 %	68,25 %	68,25 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	19,23 %	69,23 %	61,54 %	61,54 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L		71,01 %	71,01 %	71,01 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L	-2,63 %	65,79 %	47,37 %	47,37 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L		68,00 %	60,00 %	34,00 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L	-43,33 %	33,33 %	33,33 %	33,33 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		62,26 %	62,26 %	62,26 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	9,09 %	54,55 %	54,55 %	54,55 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		37,50 %	37,50 %	37,50 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L	31,03 %	31,03 %	31,03 %	31,03 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L		-11,11 %	-11,11 %	77,78 %

Cuadro 7.30: Porcentaje de eliminación de Hexacloro 1,3 butadieno

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.365

Cantidad de contaminante	% O ₃ consumido
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	98,53 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L ; UV-C	99,21 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	96,36 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L ; UV-C	96,25 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	84,68 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L ; UV-C	77,21 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	73,45 %
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	59,23 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	57,65 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	47,51 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	41,03 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	29,02 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	57,29 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	42,67 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	38,78 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	44,07 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	98,53 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L ; UV-C	99,21 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	96,36 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L ; UV-C	96,25 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	84,68 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L ; UV-C	77,21 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	73,45 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	59,23 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	57,65 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	47,51 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	41,03 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	29,02 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	57,29 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L ; UV-C	04,43 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	42,67 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L ; UV-C	42,12 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	38,78 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L ; UV-C	12,10 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	60,64 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	54,00 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	90,17 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	34,17 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	33,13 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	44,07 %

Cuadro 7.31: Porcentaje de consumo de ozono

Cantidad de contaminante	% O ₃ consumido
C1; 3,27 mg O ₃ /L ; UV-C	99,21 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L ; UV-C	96,25 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L ; UV-C	77,21 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L ; UV-C	99,21 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L ; UV-C	96,25 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L ; UV-C	77,21 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L ; UV-C	04,43 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L ; UV-C	42,12 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L ; UV-C	12,10 %

Cuadro 7.32: Porcentaje de consumo de ozono - O₃ / UV-C

Cantidad de contaminante	% O ₃ consumido
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	98,53 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	96,36 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	84,68 %
C2; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	57,29 %
C2; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	42,67 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	38,78 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	98,53 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	96,36 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	84,68 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	57,29 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	42,67 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; UV-C	38,78 %

Cuadro 7.33: Porcentaje de consumo de ozono - O₃ / H₂O₂ / UV-C

Cantidad de contaminante	% O ₃ consumido
C1; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	73,45 %
C1; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	57,65 %
C1; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	41,03 %
C2; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	44,07 %
C3; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	73,45 %
C3; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	57,65 %
C3; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	41,03 %
C4; 3,27 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	60,64 %
C4; 6,07 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	90,17 %
C4; 11,8 mg O ₃ /L; 1,5 mg H ₂ O ₂ /L ; 1 TiO ₂ g/L ; UV-C	33,13 %

Cuadro 7.34: Porcentaje de consumo de ozono - O₃ / H₂O₂ / TiO₂ / UV-C

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.367

Con respecto al porcentaje de consumo de ozono:

- **Observación:** El mayor consumo se produce cuando sólo se aplican procesos de O_3 / UV-C en ausencia de H_2O_2 y/o TiO_2 .
- **Observación:** Cuando se aplican los procesos O_3 / H_2O_2 / UV-C se observa que, acorde a lo esperado, al aumentar la dosis de ozono manteniendo el resto de parámetros constantes, disminuye el consumo de ozono.
- **Observación:** Cuando se aplican los procesos O_3 / H_2O_2 / TiO_2 / UV-C se observa que, acorde a lo esperado, al aumentar la dosis de ozono manteniendo el resto de parámetros constantes, disminuye el consumo de ozono.
- **Observación:** Además, este consumo disminuye en relación a los resultados obtenidos en ausencia de TiO_2 dado que este último actúa como catalizador.
- **Observación:** Las observaciones anteriores están acorde con los resultados esperados. Por ello, estos datos sirven de elemento de control para validar las baterías de ensayos.

7.2.2.1. Clorobenceno

7.2.2.1.1. Porcentaje de reducción de C1 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.25: Porcentaje de reducción de C1 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 30 y el 60 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se ve afectado con la adición de óxido de titanio.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.369

7.2.2.1.2. Porcentaje de reducción de C1 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.26: Porcentaje de reducción de C1 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 35 y el 53 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se ve afectado con la adición de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio el valor correspondiente a la curva de C1; 6,07 mg O_3/L con un tiempo de exposición de 6 minutos.

7.2.2.1.3. Porcentaje de reducción de C2 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.27: Porcentaje de reducción de C2 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C2 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 50 y el 58 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se ve afectado con la adición de óxido de titano.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C2; 11,8 mg O_3/L ; 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.371

7.2.2.1.4. Porcentaje de reducción de C3 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.28: Porcentaje de reducción de C3 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 45 y el 68 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titanio provoca una mayor dispersión de los resultados obtenidos.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C3; 6,07 mg O_3/L ; 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$; 1 TiO_2/L y C3;

6,07 mg O_3 /L; 1,5 mg H_2O_2 /L ; 1 TiO_2 /L para los valores de 0 y 6 minutos de radiación respectivamente.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.373

7.2.2.1.5. Porcentaje de reducción de C3 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$.

Figura 7.29: Porcentaje de reducción de C3 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 40 y el 70 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titanio provoca una mayor dispersión de los resultados obtenidos.

7.2.2.1.6. Porcentaje de reducción de C4 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.30: Porcentaje de reducción de C4 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de Clorobenceno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 30 y el 80 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada, aunque prácticamente es insignificante.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una mayor dispersión de los resultados obtenidos.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C4; 3,27 mg O_3/L ; 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$; 1 TiO_2/L .

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.375

7.2.2.1.7. Porcentaje de reducción de C4 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.31: Porcentaje de reducción de C4 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de Clorobenceno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 40 y el 75 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada, aunque prácticamente es insignificante.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titanio provoca una mayor dispersión de los resultados obtenidos.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio el valor correspondiente a la curva de C4; 11,8 mg O_3/L para el valor de 6 minutos de radiación.

7.2.2.1.8. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 1,5 mg H₂O₂/L

Figura 7.32: Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 35 y el 78 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio el valor correspondiente a la curva de C3; 6,07 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L ; 1 TiO₂/L para el valor de 0 minutos de radiación y de la curva C2; 11,8 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.377

7.2.2.1.9. Porcentaje de reducción de Clorobenceno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Figura 7.33: Porcentaje de reducción de Clorobenceno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 40 y el 75 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C4; 11,8 mg O₃/L y C1; 6,07 mg O₃/L para 6 minutos de radiación respectivamente.

7.2.2.1.10. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 3,27 mg O₃/L

Figura 7.34: Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 3,27 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno con 3,27 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 30 y el 62 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada, aunque prácticamente es insignificante.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores de porcentaje de reducción inferior a cero.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.379

7.2.2.1.11. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 6,07 mg O₃/L

Figura 7.35: Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 6,07 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno con 6,07 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 40 y el 65 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada, aunque prácticamente es insignificante.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C3; 6,07 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L ; 1 TiO₂/L y C1; 6,07 mg O₃/L para los valores de 0 y 6 minutos de radiación respectivamente.

7.2.2.1.12. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 11,08 mg O₃/L

Figura 7.36: Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 11,08 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno con 11,08 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 35 y el 78 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada, aunque prácticamente es insignificante.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C2; 11,8 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L.

7.2.2.1.13. Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 1 TiO₂ g/L . Figura 7.37: Porcentaje de reducción de Clorobenceno con 1 TiO₂ g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno con 1 TiO₂ g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 40 y el 78 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada, aunque prácticamente es insignificante.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores inferiores a cero y el correspondiente a la curva de C3; 6,07 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L ; 1 TiO₂/L y valor de 0 minutos de radiación.

7.2.2.1.14. Porcentaje de reducción de Clorobenceno sin 1 TiO_2 g/L .

Figura 7.38: Porcentaje de reducción de Clorobenceno sin 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Clorobenceno sin 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 30 y el 80 %.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye el nivel de contaminación.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio los valores correspondientes a la curva de C2; 11,8 mg O_3 /L; 1,5 mg H_2O_2 /L.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.383

7.2.2.2. 1,1 Dicloroetano

7.2.2.2.1. Porcentaje de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.39: Porcentaje de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 25 %.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una reducción del rendimiento conforme aumenta la dosis de radiación UV-C.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.2.2. Porcentaje de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$.

Figura 7.40: Porcentaje de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 15 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.385

7.2.2.2.3. Porcentaje de reducción de C2 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.41: Porcentaje de reducción de C2 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C2 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 15 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.2.4. Porcentaje de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.42: Porcentaje de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 15 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0 y el de la curva C3; 6,07 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L ; 1 TiO₂/L y valor de 0 minutos de radiación.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.387

7.2.2.2.5. Porcentaje de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.43: Porcentaje de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 12 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio el valor correspondiente a la curva de C3; 3,27 mg O_3/L y 6 minutos de radiación.

7.2.2.2.6. Porcentaje de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.44: Porcentaje de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 25 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.389

7.2.2.2.7. Porcentaje de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.45: Porcentaje de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 15 y el 30 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.2.8. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Figura 7.46: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 30 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0 y el de la curva C3; 6,07 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L ; 1 TiO₂/L y valor de 0 minutos de radiación.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.391

7.2.2.2.9. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H₂O₂/L

Figura 7.47: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 28 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio el valor correspondiente a la curva de C3; 3,27 mg O₃/L y 6 minutos de radiación.

7.2.2.2.10. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 3,27 mg O_3/L .

Figura 7.48: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 3,27 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano con 3,27 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima en 20 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Disminuye con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.393

7.2.2.2.11. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 6,07 mg O_3/L .

Figura 7.49: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 6,07 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano con 6,07 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima en 20 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0 y el de la curva C3; 6,07 mg O_3/L ; 1,5 mg H_2O_2/L ; 1 TiO_2/L y valor de 0 minutos de radiación.

7.2.2.2.12. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 11,08 mg O_3/L .

Figura 7.50: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 11,08 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano con 11,08 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima en 28 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.395

7.2.2.2.13. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1 TiO₂ g/L

Figura 7.51: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1 TiO₂ g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano con 1 TiO₂ g/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 28 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.2.14. Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1 TiO_2 g/L

Figura 7.52: Porcentaje de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,1 Dicloroetano sin 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 30 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.397

7.2.2.3. 1,2 Dicloroetano

7.2.2.3.1. Porcentaje de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.53: Porcentaje de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 15 %.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.3.2. Porcentaje de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$.

Figura 7.54: Porcentaje de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 11 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.399

7.2.2.3.3. Porcentaje de reducción de C2 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.55: Porcentaje de reducción de C2 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C2 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 8 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.3.4. Porcentaje de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.56: Porcentaje de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 10 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.401

7.2.2.3.5. Porcentaje de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.57: Porcentaje de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 10 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.

7.2.2.3.6. Porcentaje de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.58: Porcentaje de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 15 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.403

7.2.2.3.7. Porcentaje de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.59: Porcentaje de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 12 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.3.8. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Figura 7.60: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 30 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.405

7.2.2.3.9. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H₂O₂/L

Figura 7.61: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 28 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.3.10. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 3,27 mg O_3/L .

Figura 7.62: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 3,27 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano con 3,27 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 18 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.
- **Observación:** Disminuye con la adición de peróxido de hidrógeno.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.407

7.2.2.3.11. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 6,07 mg O₃/L .

Figura 7.63: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 6,07 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano con 6,07 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 22 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0 y el de la curva C3; 6,07 mg O₃/L; 1,5 mg H₂O₂/L ; 1 TiO₂/L y valor de 0 minutos de radiación.

7.2.2.3.12. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 11,08 mg O_3/L .

Figura 7.64: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 11,08 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano con 11,08 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 28 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.409

7.2.2.3.13. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1 TiO₂ g/L

Figura 7.65: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1 TiO₂ g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano con 1 TiO₂ g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 5 y el 28 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.3.14. Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1 TiO_2 g/L

Figura 7.66: Porcentaje de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,2 Dicloroetano sin 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 18 %.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.411

7.2.2.4. 1,3 Dicloropropeno

7.2.2.4.1. Porcentaje de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.67: Porcentaje de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 10 y el 42 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta considerablemente con la cuando se adiciona radiación UV-C.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una dispersión de resultados.

- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.413

7.2.2.4.2. Porcentaje de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.68: Porcentaje de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 3 y el 18 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titanio provoca una dispersión de resultados.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.4.3. Porcentaje de reducción de C2 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.69: Porcentaje de reducción de C2 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C2 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 11 y el 25 %.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.415

7.2.2.4.4. Porcentaje de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.70: Porcentaje de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 20 y el 90 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una mayor dispersión de los resultados obtenidos.

7.2.2.4.5. Porcentaje de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.71: Porcentaje de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 25 y el 65 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** La adición de óxido de titano provoca una mayor dispersión de los resultados obtenidos.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.417

7.2.2.4.6. Porcentaje de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.72: Porcentaje de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 8 y el 40 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.4.7. Porcentaje de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.73: Porcentaje de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 22 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.4.8. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.74: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima en 62 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.4.9. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.75: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima en 62 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.421

7.2.2.4.10. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 3,27 mg O₃/L .

Figura 7.76: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 3,27 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 3,27 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 62 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.4.11. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 6,07 mg O_3/L .

Figura 7.77: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 6,07 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 6,07 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima en 58 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.423

7.2.2.4.12. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 11,08 mg O_3/L .

Figura 7.78: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 11,08 mg O_3/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 11,08 mg O_3/L :

- **Observación:** El máximo se estima en 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares con la adición de peróxido de hidrógeno y de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.4.13. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1 TiO_2 g/L .

Figura 7.79: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno con 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 62 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.425

7.2.2.4.14. Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1 TiO_2 g/L .

Figura 7.80: Porcentaje de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de 1,3 Dicloropropeno sin 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5. Hexacloro 1,3 butadieno

7.2.2.5.1. Porcentaje de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.81: Porcentaje de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 82 y el 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es muy superior que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** Aumenta con la adición de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.427

7.2.2.5.2. Porcentaje de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$.

Figura 7.82: Porcentaje de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de eliminación de reducción de C1 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 88 y el 96 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** Aumenta con la adición de óxido de titanio.

7.2.2.5.3. Porcentaje de reducción de C2 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.83: Porcentaje de reducción de C2 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C2 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 80 y el 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es muy superior que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme disminuye la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.429

7.2.2.5.4. Porcentaje de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.84: Porcentaje de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 40 y el 88 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es muy superior que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** Disminuye con la adición de óxido de titano.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5.5. Porcentaje de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Figura 7.85: Porcentaje de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$

Con respecto al rendimiento de reducción de C3 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg $\text{H}_2\text{O}_2/\text{L}$:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 65 y el 87 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Se observan resultados dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** No se observa afección tras la adición de óxido de titano.

7.2.2.5.6. Porcentaje de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.86: Porcentaje de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 30 y el 70 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es muy superior que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Se observan valores dispares conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** Disminuye con la adición de óxido de titano.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5.7. Porcentaje de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.87: Porcentaje de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de C4 de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 35 y el 78 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** Disminuye conforme aumenta la cantidad de ozono suministrado.
- **Observación:** Disminuye con la adición de óxido de titanio.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.433

7.2.2.5.8. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.88: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima en 90 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Disminuye con la adición de óxido de titano.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5.9. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H₂O₂/L .

Figura 7.89: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 60 y el 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5.10. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 3,27 mg O₃/L .

Figura 7.90: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 3,27 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 3,27 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 60 y el 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme lo hace el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5.11. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 6,07 mg O₃/L .

Figura 7.91: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 6,07 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 6,07 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 50 y el 96 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme lo hace el nivel de contaminación.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.437

7.2.2.5.12. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 11,08 mg O₃/L

Figura 7.92: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 11,08 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 11,08 mg O₃/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 31 y el 92 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme lo hace el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.2.5.13. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1 TiO_2 g/L .

Figura 7.93: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno con 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 30 y el 96 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme lo hace el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.439

7.2.2.5.14. Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1 TiO_2 g/L .

Figura 7.94: Porcentaje de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1 TiO_2 g/L

Con respecto al rendimiento de reducción de Hexacloro 1,3 butadieno sin 1 TiO_2 g/L:

- **Observación:** El máximo se estima entre el 60 y el 96 %.
- **Observación:** Se mantiene constante conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada. Sin embargo, es mayor que cuando no se adiciona.
- **Observación:** Aumenta conforme lo hace el nivel de contaminación.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores inferiores a 0.

7.2.3. Análisis de resultados obtenidos mediante procesos de oxidación avanzada

Para analizar los resultados obtenidos en laboratorio, se han tenido en cuenta las siguientes variables:

- **Nivel de contaminación:** Refleja el orden de magnitud de la cantidad de contaminante adicionada.
- **C_{0x} :** Refleja la cantidad de contaminante en $\mu\text{g/L}$.
- **$\%_{max}$:** Refleja el rendimiento máximo alcanzable en tantos por ciento.
- **$\%_{min}$:** Refleja el rendimiento mínimo alcanzable en tantos por ciento.
- **Adición UV-C:** Refleja cómo afecta al rendimiento la adición de radiación UV-C.
- **UV-C:** Refleja cómo afecta al rendimiento el incremento de la cantidad de radiación UV-C adicionada.
- **O_3 :** Refleja cómo afecta al rendimiento el incremento de la cantidad de ozono adicionada.
- **TiO_2 :** Refleja cómo afecta al rendimiento la adición de óxido de titanio.
- **H_2O_2 :** Refleja cómo afecta al rendimiento la adición de peróxido de hidrógeno.

Con objeto de facilitar el análisis de los datos obtenidos en laboratorio, se ha establecido un código de colores que reflejan como se ven afectadas las anteriores variables manteniendo una de ellas constante:

Blanco:	Variable sobre la que se realizan las observaciones.
	Verde: El rendimiento aumenta conforme lo realiza la variable.
	Naranja: El rendimiento no se ve influenciado por el aumento de la variable.
	Amarillo: Se observan resultados dispares.
	Rojo: El rendimiento disminuye conforme lo realiza la variable o se produce una mayor dispersión en los resultados, lo que implica una mayor dificultad para ajustar los parámetros intervinientes en los diferentes procesos durante el funcionamiento de la planta.

Conviene destacar que estas aseveraciones se realizan bajo las condiciones establecidas para la realización de los experimentos.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.441

7.2.3.1. Rendimiento de eliminación de Clorobenceno

Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
C ₁	23,9	60	30	△	△	△	~	SI
C ₁	23,9	53	35	△	△	△	~	NO
C ₂	19,9	58	50	△	△	△	~	SI
C ₃	9	68	45	△	△	△	▽	SI
C ₃	9	70	40	△	△	△	▽	NO
C ₄	4,75	80	30	△	△	△	▽	SI
C ₄	4,75	75	40	△	△	△	▽	NO
		78	35	△	△	△		SI
		75	40	△	△			NO
		62	30	△	△	3,27 mg/L		
		65	40	△	△	6,07 mg/L		
		78	35	△	~	11,08 mg/L		△
▽		80	30	△	△	△	NO	
		78	40	△	~	△	SI	

Cuadro 7.35: Rendimiento de eliminación de Clorobenceno

Con respecto al rendimiento de eliminación de Clorobenceno:

- **Observación:** El rendimiento alcanzado oscila entre $66,29 \% \pm 3,67$ y $38,57 \% \pm 2,83$.
- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, aumenta el rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de O₃, aumenta el rendimiento.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ no supone una alteración significativa en el rendimiento.

7.2.3.2. Rendimiento de eliminación de 1,1 Dicloroetano

Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
C ₁	25,2	25	5	△		△	▽	SI
C ₁	25,2	15	5		▽	◇		NO
C ₂	25,6	15	5	△	▽	◇		SI
C ₃	12	15	5	△	▽	◇		SI
C ₃	12	12	5		▽	◇		NO
C ₄	9,65	25	5	△	▽	◇		SI
C ₄	9,65	30	15		▽	◇		NO
		30			▽	△		SI
		28	5		▽	△		NO
		20		△	▽	3,27 mg/L	▽	▽
		20		△	▽	6,07 mg/L	△	△
		20		△	▽	11,08 mg/L	△	△
		30	5	△	▽	◇	NO	
		28		△	▽	◇	SI	

Cuadro 7.36: Rendimiento de eliminación de 1,1 Dicloroetano

Con respecto al rendimiento de eliminación de 1,1 Dicloroetano:

- **Observación:** El rendimiento alcanzado oscila entre $19,57 \% \pm 2,62$ y $6,43 \% \pm 1,43$.
- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, disminuye el rendimiento.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** La adición de TiO₂ no supone una alteración significativa en el rendimiento. Sin embargo, se observa que el rendimiento aumenta ligeramente al aumentar la cantidad de O₃.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ no supone una alteración significativa en el rendimiento.

7.2.3.3. Rendimiento de eliminación de 1,2 Dicloroetano

Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
C ₁	24,5	15	5	△		△	▽	SI
C ₁	24,5	11	3		▽	◇		NO
C ₂	29,3	8	3	△	▽	◇		SI
C ₃	13	10	3		▽	◇	▽	SI
C ₃	13	10	3		▽	◇	▽	NO
C ₄	11,4	15	5	△	▽	◇	▽	SI
C ₄	11,4	12	3		▽	◇		NO
		30		△	▽	△		SI
		28	5		▽	△		NO
▽		18	3	△	▽	3,27 mg/L	▽	▽
▽		22	3	△	▽	6,07 mg/L	△	
▽		28	5	△	▽	11,08 mg/L		
▽		18	3	△	▽		NO	
▽		28	5	△	▽		SI	

Cuadro 7.37: Rendimiento de eliminación de 1,2 Dicloroetano

Con respecto al rendimiento de eliminación de 1,2 Dicloroetano:

- **Observación:** El rendimiento alcanzado oscila entre $11,57 \% \pm 1,00$ y $3,57 \% \pm 0,37$.
- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, disminuye el rendimiento.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ no supone una alteración significativa en el rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de contaminante, disminuye el rendimiento.

7.2.3.4. Rendimiento de eliminación de 1,3 Dicloropropeno

Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
C ₁	18,75	42	10	△	△	△	▽	SI
C ₁	18,75	18	3	△	△	△		NO
C ₂	14,2	25	11	△	△	△		SI
C ₃	2,3	90	20	△	~	◇	▽	SI
C ₃	2,3	65	25	△	~	◇	▽	NO
C ₄	1,45	40	8	△	~	◇		SI
C ₄	1,45	22		△	~	◇		NO
		62		△	~	◇		SI
		62		△	~	◇		NO
		62		△	~	3,27 mg/L	◇	◇
		58		△	~	6,07 mg/L	△	△
		92		△	~	11,08 mg/L	◇	◇
		92		△	~	◇	NO	
		62		△	~	◇	SI	

Cuadro 7.38: Rendimiento de eliminación de 1,3 Dicloropropeno

Con respecto al rendimiento de eliminación de 1,3 Dicloropropeno:

- **Observación:** El rendimiento alcanzado oscila entre $43,14 \% \pm 9,87$ y $11,00 \% \pm 3,35$.
- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** El aumento en la cantidad de radiación UV-C no supone una alteración significativa en el rendimiento. Sin embargo, aumenta ligeramente según aumenta la cantidad de contaminante.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ no supone una alteración significativa en el rendimiento.

7.2.3.5. Rendimiento de eliminación de Hexacloro 1,3 butadieno

Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
C ₁	15,15	92	82	△	~	△	△	SI
C ₁	15,15	96	88	△	~	△	△	NO
C ₂	15,7	92	80	△	~	△	△	SI
C ₃	4,6	88	40	△	~	△	▽	SI
C ₃	4,6	87	65	△	~	◇	~	NO
C ₄	2,95	70	30	△	~	◇	▽	SI
C ₄	2,95	78	35	△	~	▽	▽	NO
		90		△	~		▽	SI
		92	60	△	~			NO
△		92	60	△	~	3,27 mg/L		
△		96	50	△	~	6,07 mg/L		
△		92	31	△	~	11,08 mg/L		
△		96	60	△	~		NO	
△		96	30	△	~		SI	

Cuadro 7.39: Rendimiento de eliminación de Hexacloro 1,3 butadieno

Con respecto al rendimiento de eliminación de Hexacloro 1,3 butadieno:

- **Observación:** El rendimiento alcanzado oscila entre $86,14 \% \pm 3,44$ y $60,00 \% \pm 9,28$.
- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** El aumento de la cantidad de radiación UV-C no supone una alteración significativa en el rendimiento.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento. Sin embargo, aumenta ligeramente según aumenta la cantidad de contaminante.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ no supone una alteración significativa en el rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de contaminante, aumenta el rendimiento.

7.2.3.6. Rendimiento con C1 con 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno	C ₁	23,9	60	30	△	△	△	~	SI
1,1 Dicloroetano	C ₁	25,2	25	5	△		△	▽	SI
1,2 Dicloroetano	C ₁	24,5	15	5	△		△	▽	SI
1,3 Dicloropropeno	C ₁	18,75	42	10	△	△	△	▽	SI
Hexaclor 1,3 butadieno	C ₁	15,15	92	82	△	~	△	△	SI

Cuadro 7.40: Rendimiento con C1 con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C1 con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, aumenta el rendimiento excepto con el 1,1 Dicloroetano y con el 1,2 Dicloroetano en que no se puede determinar la afección.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de O₃, aumenta el rendimiento.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.

7.2.3.7. Rendimiento con C1 sin 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno	C ₁	23,9	53	35		△	△	~	NO
1,1 Dicloroetano	C ₁	25,2	15	5		▽	◇		NO
1,2 Dicloroetano	C ₁	24,5	11	3		▽	◇		NO
1,3 Dicloropropeno	C ₁	18,75	18	3		△	△		NO
Hexaclor 1,3 butadieno	C ₁	15,15	96	88		~	△	△	NO

Cuadro 7.41: Rendimiento con C1 sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C1 sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de TiO₂ reduce el rendimiento.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.447

7.2.3.8. Rendimiento con C2 con 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno	C ₂	19,9	58	50	△	△	△	~	SI
1,1 Dicloroetano	C ₂	25,6	15	5	△	▽	◇		SI
1,2 Dicloroetano	C ₂	29,3	8	3	△	▽	◇		SI
1,3 Dicloropropeno	C ₂	14,2	25	11	△	△	△		SI
Hexaclor 1,3 butadieno	C ₂	15,7	92	80	△	~	△		SI

Cuadro 7.42: Rendimiento con C2 con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C2 con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de TiO₂ reduce el rendimiento.

7.2.3.9. Rendimiento con C3 con 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno	C ₃	9	68	45	△	△	△	▽	SI
1,1 Dicloroetano	C ₃	12	15	5	△	▽	◇		SI
1,2 Dicloroetano	C ₃	13	10	3		▽	◇	▽	SI
1,3 Dicloropropeno	C ₃	2,3	90	20	△	~	◇	▽	SI
Hexaclor 1,3 butadieno	C ₃	4,6	88	40	△	~	△	▽	SI

Cuadro 7.43: Rendimiento con C3 con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C3 con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.

- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O_3 .
- **Observación:** La adición de TiO_2 reduce el rendimiento.

7.2.3.10. Rendimiento con C3 sin 1,5 mg H_2O_2/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C_{0x}	$\%_{max}$	$\%_{min}$	Adición UV-C	UV-C	O_3	TiO_2	H_2O_2
Clorobenceno	C_3	9	70	40		△	△	▽	NO
1,1 Dicloroetano	C_3	12	12	5		▽	◇		NO
1,2 Dicloroetano	C_3	13	10	3		▽	◇	▽	NO
1,3 Dicloropropeno	C_3	2,3	65	25		~	◇	▽	NO
Hexaclor 1,3 butadieno	C_3	4,6	87	65		~	◇	~	NO

Cuadro 7.44: Rendimiento con C3 sin 1,5 mg H_2O_2/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C3 sin 1,5 mg H_2O_2/L :

- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O_3 .
- **Observación:** La adición de TiO_2 reduce el rendimiento.

7.2.3.11. Rendimiento con C4 con 1,5 mg H_2O_2/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C_{0x}	$\%_{max}$	$\%_{min}$	Adición UV-C	UV-C	O_3	TiO_2	H_2O_2
Clorobenceno	C_4	4,75	80	30	△	△	△	▽	SI
1,1 Dicloroetano	C_4	9,65	25	5	△	▽	◇		SI
1,2 Dicloroetano	C_4	11,4	15	5	△	▽	◇	▽	SI
1,3 Dicloropropeno	C_4	1,45	40	8	△	~	◇		SI
Hexaclor 1,3 butadieno	C_4	2,95	70	30	△	~	◇	▽	SI

Cuadro 7.45: Rendimiento con C4 con 1,5 mg H_2O_2/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C4 con 1,5 mg H_2O_2/L :

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.449

- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.

7.2.3.12. Rendimiento con C4 sin 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno	C ₄	4,75	75	40		△	△	▽	NO
1,1 Dicloroetano	C ₄	9,65	30	15		▽	◇		NO
1,2 Dicloroetano	C ₄	11,4	12	3		▽	◇		NO
1,3 Dicloropropeno	C ₄	1,45	22			~	◇		NO
Hexaclor 1,3 butadieno	C ₄	2,95	78	35		~	▽	▽	NO

Cuadro 7.46: Rendimiento con C4 sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con una concentración C4 sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Se observan resultados dispares tras la adición de diferentes cantidades de O₃.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.

7.2.3.13. Rendimiento con 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno			78	35	△	△	△		SI
1,1 Dicloroetano			30			▽	△		SI
1,2 Dicloroetano			30		△	▽	△		SI
1,3 Dicloropropeno			62		△	~	◇		SI
Hexaclor 1,3 butadieno			90		△	~		▽	SI

Cuadro 7.47: Rendimiento con 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de O₃, aumenta el rendimiento.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de TiO₂.

7.2.3.14. Rendimiento sin 1,5 mg H₂O₂/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno			75	40		△			NO
1,1 Dicloroetano			28	5		▽	△		NO
1,2 Dicloroetano			28	5		▽	△		NO
1,3 Dicloropropeno			62			~	◇		NO
Hexaclor 1,3 butadieno			92	60		~			NO

Cuadro 7.48: Rendimiento sin 1,5 mg H₂O₂/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes sin 1,5 mg H₂O₂/L:

- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de O₃, aumenta el rendimiento.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de TiO₂.

7.2.3.15. Rendimiento con 3,27 mg O₃/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno			62	30	△	△	3,27 mg/L		
1,1 Dicloroetano			20		△	▽	3,27 mg/L	▽	▽
1,2 Dicloroetano	▽		18	3	△	▽	3,27 mg/L	▽	▽
1,3 Dicloropropeno			62		△	~	3,27 mg/L	◇	◇
Hexaclor 1,3 butadieno	△		92	60	△	~	3,27 mg/L		

Cuadro 7.49: Rendimiento con 3,27 mg O₃/L

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.451

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con 3,27 mg O₃/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de TiO₂, aunque se puede considerar que disminuye.
- **Observación:** La adición de TiO₂ reduce el rendimiento.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de H₂O₂, aunque se puede considerar que disminuye.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento conforme aumenta la cantidad de contaminante.

7.2.3.16. Rendimiento con 6,07 mg O₃/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno			65	40	△	△	6,07 mg/L		
1,1 Dicloroetano			20		△	▽	6,07 mg/L	△	△
1,2 Dicloroetano	▽		22	3	△	▽	6,07 mg/L	△	
1,3 Dicloropropeno			58		△	~	6,07 mg/L	△	△
Hexaclor 1,3 butadieno	△		96	50	△	~	6,07 mg/L		

Cuadro 7.50: Rendimiento con 6,07 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con 6,07 mg O₃/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** La adición de TiO₂ aumenta el rendimiento.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ aumenta el rendimiento.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento conforme aumenta la cantidad de contaminante.

7.2.3.17. Rendimiento con 11,08 mg O₃/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno			78	35	△	~	11,08 mg/L		△
1,1 Dicloroetano			20		△	▽	11,08 mg/L	△	△
1,2 Dicloroetano	▽		28	5	△	▽	11,08 mg/L		
1,3 Dicloropropeno			92		△	~	11,08 mg/L	◇	◇
Hexaclor 1,3 butadieno	△		92	31	△	~	11,08 mg/L		

Cuadro 7.51: Rendimiento con 11,08 mg O₃/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con 11,08 mg O₃/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** La adición de TiO₂ aumenta el rendimiento.
- **Observación:** La adición de H₂O₂ aumenta el rendimiento.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento conforme aumenta la cantidad de contaminante.

7.2.3.18. Rendimiento con 1 TiO₂ g/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno			78	40	△	~	△	SI	
1,1 Dicloroetano			28		△	▽	◇	SI	
1,2 Dicloroetano	▽		28	5	△	▽		SI	
1,3 Dicloropropeno			62		△	~	◇	SI	
Hexaclor 1,3 butadieno	△		96	30	△	~		SI	

Cuadro 7.52: Rendimiento con 1 TiO₂ g/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con 11,08 mg O₃/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.

7.2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 2.453

- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de O₃, se observan resultados dispares.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de H₂O₂.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de contaminante, el rendimiento disminuye.

7.2.3.19. Rendimiento sin 1 TiO₂ g/L

Contaminante	Nivel de contaminación	C _{0x}	% _{max}	% _{min}	Adición UV-C	UV-C	O ₃	TiO ₂	H ₂ O ₂
Clorobenceno	▽		80	30	△	△	△	NO	
1,1 Dicloroetano			30	5	△	▽	◇	NO	
1,2 Dicloroetano	▽		18	3	△	▽		NO	
1,3 Dicloropropeno			92		△	~	◇	NO	
Hexaclor 1,3 butadieno	△		96	60	△	~		NO	

Cuadro 7.53: Rendimiento sin 1 TiO₂ g/L

Con respecto al rendimiento de eliminación de los contaminantes con 11,08 mg O₃/L:

- **Observación:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C, se observan resultados dispares.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de O₃, se observan resultados dispares.
- **Observación:** No se puede determinar cómo afecta en el rendimiento tras la adición de H₂O₂.
- **Observación:** Conforme aumenta la cantidad de contaminante, el rendimiento disminuye.

7.3. Presentación, análisis y discusión de resultados en referencia a la LI 3.

7.3.1. En relación con el rendimiento teórico de las plantas compactas comerciales en servicio, en particular la SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36 (OBJDEF 5).

7.3.1.1. Rendimiento teórico Stellar Metafilter 8M36.

Parámetro	Filtración por tierras diatomeas	Cloración			
		Autoridad propone	que	Rendimiento eli- minación %	Concentración alcanzable mg/l
A.- Parámetros físicos					
Conductividad					
pH					
Turbidez (Nephelo- metric Turbidity Unit NTU)					
B.- Parámetros químicos inorgánicos					
Aluminio					
Antimonio					
Arsénico					
Boro					
Cadmio					
Cobre					
Cromo					
Hierro					
Manganeso		WHO		80	0,05
Molibdeno					
Níquel					
Plomo					
D.- Parámetros químicos orgánicos					
Clorobenceno					
1,1-Dicloroetano					
1,2-Dicloroetano					
1,3-Dicloropropeno					
Hexacloro 1,3 butadieno					
F.- Radiactividad					
Uranio					

Cuadro 7.54: Stellar Metafilter 8M36. Rendimiento teórico esperado durante los ensayos

Del cuadro sobre los rendimientos teóricos esperados en la planta Stellar Metafilter 8M36 se pueden realizar las siguientes observaciones:

- **Observación:** El proceso de filtración por tierras diatomeas no está considerado como un tratamiento que elimine los compuestos de estudio.
- **Comentario:** Aunque el proceso de filtración por tierras diatomeas podría tener rendimientos similares a los obtenidos mediante filtración por lecho de arena de sílice, las autoridades competentes no hacen referencia a este sistema para la eliminación de los parámetros de estudio.

7.3. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 3.455

- **Conclusión:** Salvo que en la fase de experimentación se observe una reducción significativa de la concentración de los parámetros, con los datos disponibles habría que considerar a esta planta como un pretratamiento de plantas más complejas.

7.3.1.2. Rendimiento teórico SETA 3E/1000UE.

Parámetro	Coagulación Floculación Decantación		Filtración rápida		Carbón Activo Granular		Microfiltración		Ósmosis Inversa		UV lampara		Cloración	
	Autoridad que propone	Rendimiento eliminación %	Concentración alcanzable mg/l	Autoridad que propone	Autoridad que propone	Rendimiento eliminación %	Concentración alcanzable mg/l	Autoridad que propone	Rendimiento eliminación %	Autoridad que propone	Concentración alcanzable mg/l	Autoridad que propone	Rendimiento eliminación %	Concentración alcanzable mg/l
A.- Parámetros físicos														
Conductividad														
pH														
Turbidez (Nephelometric Turbidity Unit NTU)	(3)			(3)										
B.- Parámetros químicos inorgánicos														
Aluminio	(2)+(5)							(2)	100					
Antimonio	(6)+(2)+(5)	80	0,005					(6)+(5)	80		0,005			
Arsénico	(6)+(2)+(5)	80	0,002					(2)+(6)	80		0,002			
Boro	(6)+(2)+(5)	80						(6)+(2)+(5)	80					
Cadmio	(5)							(5)						
Cobre	(6)+(2)+(5)+(100)							(2)+(5)+(1)	100					
Cromo	(3)	50	0,015	(3)	(3)+(1)	100		(6)	98					
Hierro	(3)+(6)				(3)+(1)	100		(6)	80		0,05		80	0,05
Manganeso								(5)+(2)	100					
Molibdeno								(5)	98					
Níquel	(6)		0,02											
Plomo	(5)													
D.- Parámetros químicos orgánicos														
Clorobenceno	(7)	29			(5)+(7)+(2)	80		(7)	80					
1,1-Dicloroetano														
1,2-Dicloroetano	(7)	29			(2)+(6)+(5)	80	0,0001	(7)	70					
1,3-Dicloropropano														
Hexacloro 1,3butadieno					(6)+(1)	80	0,001							
F.- Radiactividad														
Uranio	(5)	80	0,001					(4)+(5)+(2)	100					
(1): AWWA (2): EPA (3): Hernández (4): Smith (5): USACHPPM (6): WHO (7): WA														

Cuadro 7.55: SETA 3E/1000UE. Rendimiento teórico esperado durante los ensayos

7.3. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 3.457

Del cuadro sobre los rendimientos teóricos esperados en la planta SETA 3E/1000UE se pueden realizar las siguientes observaciones:

- **Observación:** Los principales procesos para la eliminación de los parámetros químicos inorgánicos son el de coagulación-floculación-decantación y el de ósmosis inversa.
- **Comentario:** Acorde a la bibliografía consultada.
- **Conclusión:** Los procesos de coagulación-floculación-decantación y el de ósmosis inversa se consideran necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

- **Observación:** El principal proceso para la eliminación de los parámetros químicos orgánicos es el de carbón activo granular.
- **Comentario:** Acorde a la bibliografía consultada.
- **Conclusión:** El proceso de carbón activo granular se consideran necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

- **Observación:** Los principales procesos para la eliminación de los parámetros relacionados con la radiactividad son el de coagulación-floculación-decantación y el de ósmosis inversa.
- **Conclusión:** Los procesos de coagulación-floculación-decantación y el de ósmosis inversa se consideran necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

7.3.2. En relación con el rendimiento real de las plantas compactas comerciales en servicio, en particular la SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36 (OBJDEF 5).

7.3.2.1. Rendimiento real Stellar Metafilter 8M36.

Parámetro ($\mu\text{g/L}$)	DECANTADOR	SAL-1	SAL-2
Antimonio	$0,10 \pm 0,00$	$0,10 \pm 0,00$	$0,10 \pm 0,00$
Boro	$0,03 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,00$
Cobre	$47,75 \pm 4,75$	$3,75 \pm 0,25$	$3,75 \pm 0,25$
Manganeso	$1,48 \pm 0,64$	$1,1 \pm 0,09$	$1,10 \pm 0,17$
Conductividad a 20°C	$613,00 \pm 1,73$	$610,50 \pm 6,13$	$598,50 \pm 4,17$
pH	$7,88 \pm 0,18$	$7,95 \pm 0,12$	$8,05 \pm 0,12$
Turbidez	$162,05 \pm 69,87$	$120,58 \pm 13,65$	$83,70 \pm 23,64$

Cuadro 7.56: Stellar Metafilter 8M36 - Parámetros inorgánicos

- **Observación:** La concentración de los contaminantes analizados no sufre variación a excepción del cobre y el cromo.
- **Observación:** Se produce una reducción del 92 % de la concentración de cobre con la que se alimentó el equipo tras la filtración con diatomeas.
- **Conclusión:** El proceso de filtración con tierras diatomeas es el adecuado para tratar el cobre.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio el valor correspondiente al arsénico, cromo, molibdeno, níquel, uranio y aluminio.
- **Observación:** La turbidez se reduce hasta un 50 %.
- **Observación:** No se tienen en consideración por espurio aquellos valores que aumentan los valores iniciales.

Parámetro ($\mu\text{g/L}$)	DECANTADOR	SAL-2
1,2 dicloroetano	<,1	<,1
1,1 dicloroetano	—	—
clorobenceno	0,03	0,04
1,3 dicloropropeno	—	—
hexacloro 1,3 butadieno	0,39	0,26

Cuadro 7.57: Stellar Metafilter 8M36 - Compuestos orgánicos volátiles

- **Observación:** La concentración de los contaminantes analizados no sufre variación a excepción del hexacloro 1,3 butadieno.
- **Conclusión:** El proceso de filtración con tierras diatomeas no es el adecuado para tratar estos contaminantes.

7.3.2.2. Rendimiento real SETA 3E/1000UE.

Parámetro ($\mu\text{g/L}$)	Agua bruta sin dopar	Decantador	TM-1	TM-2	TM-3	TM-4	TM-5	TM-6	TM-7	Salida de planta	Rechazo
SETA 3E/1000UE - Parámetros inorgánicos - CICLO 1 (AGUA DOPADA CON COBRE)											
Aluminio	4	77	73,25 $\pm$ 9,26	6	4,00 $\pm$ 1,73	4,00 $\pm$ 1,00	3	2	2	1	7
Antimonio	0,2	0,2	0,18 $\pm$ 0,03	0,18	0,10 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,4
Arsénico	0,9	0,7	0,55 $\pm$ 0,10	0,2	0,20 $\pm$ 0,06	0,20 $\pm$ 0,00	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5
Boro	0,05	0,03	0,03 $\pm$ 0,00	0,03	0,02 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,00	0,03	0,015	0,015	0,015	0,06
Cadmio	0,05	0,05	0,05 $\pm$ 0,00	0,05	0,05 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cobre	19,5	238	156,50 $\pm$ 89,92	39	30,33 $\pm$ 8,55	20,25 $\pm$ 0,75	19,5	19,5	19,5	19,5	84
Cromo	0,1	0,1	0,1 $\pm$ 0,01	0,07	0,07 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,07	0,07	0,057	0,05	0,05	0,2
Hierro	19,5	53	53 $\pm$ 2,98	20	20,00 $\pm$ 0,50	19,50 $\pm$ 0,00	19,5	19,5	19,5	19,5	27
Manganeso	0,6	3	3 $\pm$ 0,19	0,6	0,60 $\pm$ 0,01	0,60 $\pm$ 0,05	0,5	0,4	0,4	0,4	14,3
Molibdeno	0,5	0,5	0,5 $\pm$ 0,02	0,5	0,50 $\pm$ 0,09	0,50 $\pm$ 0,05	0,5	0,5	0,5	0,5	1,1
Níquel	0,8	7	6,38 $\pm$ 0,25	5	4,77 $\pm$ 0,97	3,30 $\pm$ 0,10	3,30	0,5	0,5	0,5	6,7
Plomo	0,5	0,5	0,50 $\pm$ 0,00	0,5	0,50 $\pm$ 0,00	0,50 $\pm$ 0,00	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
SETA 3E/1000UE - Parámetros inorgánicos - CICLO 2 (AGUA SIN DOPAR)											
Aluminio	185,50 $\pm$ 17,50	25,00 $\pm$ 6,00	22,13 $\pm$ 2,31	8,33 $\pm$ 0,21	8,00 $\pm$ 0,45	8,00 $\pm$ 0,21	8,00 $\pm$ 0,00	8,00 $\pm$ 0,48	8,00 $\pm$ 0,00	8,00 $\pm$ 0,00	10,00 $\pm$ 0,00
Antimonio	0,10 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,01	0,10 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,00	0,10 $\pm$ 0,00	<0,1	<0,1	<0,1	0,30 $\pm$ 0,00
Arsénico	1,35 $\pm$ 0,05	1,15 $\pm$ 0,05	1,08 $\pm$ 0,05	0,50 $\pm$ 0,03	0,46 $\pm$ 0,05	0,48 $\pm$ 0,05	0,37 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,07	0,25 $\pm$ 0,15	0,10 $\pm$ 0,00	1,00 $\pm$ 0,10
Boro	0,03 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00	0,01 $\pm$ 0,00	0,01 $\pm$ 0,00	0,01 $\pm$	0,07 $\pm$ 0,01
Cobre	1,50 $\pm$ 0,50	3,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,19	3,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,00	3,00 $\pm$ 0,22	3,00 $\pm$ 0,33	3,00 $\pm$ 0,01	3,00 $\pm$ 0,05	3,00 $\pm$ 1,00	5,50 $\pm$ 0,50
Cromo	0,20 $\pm$ 0,10	0,45 $\pm$ 0,25	0,34 $\pm$ 0,16	0,17 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,07	0,22 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,12	0,09 $\pm$ 0,05	0,09 $\pm$ 0,30	0,09 $\pm$ 0,01	0,60 $\pm$ 0,00
Manganeso	0,90 $\pm$ 0,20	0,80 $\pm$ 0,00	0,88 $\pm$ 0,04	0,77 $\pm$ 0,02	0,77 $\pm$ 0,04	0,73 $\pm$ 0,03	0,87 $\pm$ 0,07	0,65 $\pm$ 0,07	0,65 $\pm$ 0,05	0,60 $\pm$ 0,00	5,65 $\pm$ 0,35
Molibdeno	0,85 $\pm$ 0,25	9,70 $\pm$ 0,20	8,81 $\pm$ 0,42	8,67 $\pm$ 0,25	8,50 $\pm$ 0,33	8,38 $\pm$ 0,20	8,37 $\pm$ 0,35	0,35 $\pm$ 0,85	0,35 $\pm$ 0,05	0,35 $\pm$ 0,45	38,15 $\pm$ 1,65
Níquel	0,50 $\pm$ 0,10	0,65 $\pm$ 0,25	1,00 $\pm$ 0,37	2,72 $\pm$ 0,72	2,70 $\pm$ 0,23	2,68 $\pm$ 0,25	2,60 $\pm$ 0,05	0,25 $\pm$ 0,09	0,25 $\pm$ 0,05	0,00 $\pm$ 0,00	8,85 $\pm$ 1,25
Uranio	1,25 $\pm$ 0,05	1,25 $\pm$ 0,05	1,25 $\pm$ 0,02	1,25 $\pm$ 0,02	1,25 $\pm$ 0,02	1,18 $\pm$ 0,05	1,17 $\pm$ 0,03	0,01 $\pm$ 0,09	0,01 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00	3,60 $\pm$ 0,00
Conductividad a 20°C	587,00 $\pm$ 4,00	563,50 $\pm$ 1,50	569,75 $\pm$ 3,10	574,33 $\pm$ 3,21	579,40 $\pm$ 5,59	573,17 $\pm$ 3,71	588,67 $\pm$ 8,45	51,00 $\pm$ 3,32	50,00 $\pm$ 2,00	45,50 $\pm$ 0,50	1419,00 $\pm$ 34,00
pH	7,70 $\pm$ 0,30	7,86 $\pm$ 0,05	7,86 $\pm$ 0,05	7,93 $\pm$ 0,02	7,94 $\pm$ 0,02	7,95 $\pm$ 0,02	7,97 $\pm$ 0,03	7,88 $\pm$ 0,05	7,90 $\pm$ 0,10	7,85 $\pm$ 0,15	7,65 $\pm$ 0,05
Turbidez	133,00 $\pm$ 92,00	67,00 $\pm$ 6,00	65,13 $\pm$ 1,24	62,67 $\pm$ 4,25	40,94 $\pm$ 29,77	1,72 $\pm$ 0,93	0,60 $\pm$ 0,00	0,55 $\pm$ 0,85	0,55 $\pm$ 0,05	0,40 $\pm$ 0,10	0,35 $\pm$ 0,05
SETA 3E/1000UE - Parámetros inorgánicos - CICLO 3											
Boro	0,08 $\pm$ 0,00	0,08 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,00	0,07 $\pm$ 0,00	0,07 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 0,00	0,05 $\pm$ 0,00	0,01 $\pm$ 0,00	0,01 $\pm$ 0,00	0,01 $\pm$ 0,00	0,07
Cobre	1338,80 $\pm$ 70,26	1261,25 $\pm$ 76,68	958,80 $\pm$ 108,61	879,20 $\pm$ 162,36	400,80 $\pm$ 37,32	400,80 $\pm$ 31,15	360,00 $\pm$ 31,15	<20	<20	<20	1412
Molibdeno	31,40 $\pm$ 6,03	24,71 $\pm$ 7,43	28,12 $\pm$ 1,67	27,62 $\pm$ 0,62	25,98 $\pm$ 1,10	25,98 $\pm$ 1,10	25,48 $\pm$ 1,37	0,43 $\pm$ 5,18	0,43 $\pm$ 0,13	0,26 $\pm$ 0,12	49,2
Conductividad a 20°C	1111,00 $\pm$ 6,77	887,55 $\pm$ 220,24	1096,60 $\pm$ 7,93	1076,80 $\pm$ 7,32	1083,00 $\pm$ 4,70	1083,00 $\pm$ 3,97	1108,20 $\pm$ 3,97	70,25 $\pm$ 5,41	70,25 $\pm$ 5,82	41,70 $\pm$ 2,06	1747
pH	7,42 $\pm$ 0,19	5,94 $\pm$ 1,45	7,56 $\pm$ 0,12	7,62 $\pm$ 0,11	7,60 $\pm$ 0,11	7,60 $\pm$ 0,10	7,68 $\pm$ 0,10	7,78 $\pm$ 0,20	8,25 $\pm$ 0,06	6,09 $\pm$ 2,01	7,4
Turbidez	12,72 $\pm$ 4,44	12,21 $\pm$ 4,00	12,00 $\pm$ 3,78	12,00 $\pm$ 3,78	12,00 $\pm$ 0,86	12,02 $\pm$ 0,02	12,01 $\pm$ 0,86	1,20 $\pm$ 0,97	1,20 $\pm$ 0,29	0,77 $\pm$ 0,29	27
SETA 3E/1000UE - Compuestos orgánicos volátiles - CICLO 1 (agua sin dopar)											
1,2 dicloroetano	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1
1,1 dicloroetano	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
clorobenceno	0,19 $\pm$ 0,04	0,10 $\pm$ 0,02	0,04 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,02	0,08 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,01	0,06 $\pm$ 0,00	0,06 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,00
1,3 dicloropropeno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
hexacloro 1,3 butadieno	2,45 $\pm$ 0,41	1,31 $\pm$ 0,22	0,86 $\pm$ 0,09	0,87 $\pm$ 0,18	0,87 $\pm$ 0,25	0,87 $\pm$ 0,25	0,75 $\pm$ 0,15	0,40 $\pm$ 0,07	0,40 $\pm$ 0,04	0,39 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,01
SETA 3E/1000UE - Compuestos orgánicos volátiles - CICLO 2 (agua sin dopar)											
1,2 dicloroetano	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1	<1 $\pm$ <1
1,1 dicloroetano	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
clorobenceno	0,21 $\pm$ 0,14	0,07 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,02	0,04 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,00
1,3 dicloropropeno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
hexacloro 1,3 butadieno	2,37 $\pm$ 0,80	1,04 $\pm$ 0,17	0,56 $\pm$ 0,06	0,55 $\pm$ 0,08	0,55 $\pm$ 0,08	0,50 $\pm$ 0,22	0,46 $\pm$ 0,07	0,36 $\pm$ 0,06	0,35 $\pm$ 0,07	0,33 $\pm$ 0,05	0,42 $\pm$ 0,01

Cuadro 7.58: Rendimiento real - SETA 3E/1000UE

■ **Elementos inorgánicos:**

- **Observación:** El proceso de coagulación-floculación-decantación (TM-2) es efectivo para aluminio, arsénico, cobre, cromo, hierro, manganeso, 1,2 dicloroetano, clorobenceno y hexacloro 1,3 butadieno.
- **Observación:** El proceso de ósmosis inversa (TM-6) es efectivo para la eliminación de antimonio, boro, cobre, molibdeno, níquel y uranio.
- **Observación:** El proceso de ósmosis inversa (TM-6) reduce la conductividad y la turbidez.
- **Observación:** No se observa reducción en el cadmio y el plomo.

■ **Compuestos orgánicos:**

- **Observación:** Se observa una reducción del 50 % tras la entrada en la planta debido a su volatilidad.
- **Observación:** No se produce una reducción de los contaminantes hasta la aplicación de la ósmosis inversa.

7.3.2.3. Análisis de resultados obtenidos de la LI 3 “Plantas portátiles”.

7.3.2.3.1. En relación con el rendimiento teórico de la SETA 3E/1000UE y la Stellar Metafilter 8M36 (OBJDEF 5) .

Con objeto de facilitar el análisis de los datos obtenidos en laboratorio, se ha establecido un código de colores que reflejan el rendimiento de aplicación de los distintos procesos:

- Verde: El tratamiento es efectivo para la remoción de ese contaminante.
Naranja: El tratamiento no afecta a la eliminación de ese contaminante.

Conviene destacar que estas aseveraciones se realizan bajo las condiciones establecidas para la realización de los experimentos.

7.3. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS EN REFERENCIA A LA LI 3.461

7.3.2.3.2. Stellar Metafilter 8M36 .

Parámetro	SAL-1 Salida filtración tierras diatomeas	SAL-2 Salida cloración
Aluminio		
Antimonio		
Arsénico		
Boro		
Cobre		
Cromo		
Manganeso		
Molibdeno		
Níquel		
Uranio		
Conductividad a 20°C		
pH		
Turbidez		

Cuadro 7.59: Stellar Metafilter 8M36 - Parámetros químicos inorgánicos

- **Conclusión:** Esta planta es ineficaz para eliminar los parámetros de este estudio.
- **Conclusión:** Se produjo una reducción significativa de cobre (92 %).
- **Conclusión:** La planta redujo la turbidez hasta un 50 %.

Parámetro	SAL-1 Salida filtración tierras diatomeas	SAL-2 Salida cloración
1,2 dicloroetano		
1,1 dicloroetano		
clorobenceno		
1,3 dicloropropeno		
hexacloro 1,3 butadieno		

Cuadro 7.60: Stellar Metafilter 8M36 - Compuestos orgánicos volátiles

- **Conclusión:** Esta planta es ineficaz para eliminar los parámetros de este estudio.

7.3.2.3.3. SETA 3E/1000UE .

Parámetro	Decantador	TM-1 Entrada en planta	TM-2 CFD	TM-3 Filtr.	TM-4 CAG	TM-5 MicroFiltr.	TM-6 OI	TM-7 OI+UV-C
Aluminio								
Antimonio								
Arsénico								
Boro								
Cadmio								
Cobre								
Cromo								
Hierro								
Manganeso								
Molibdeno								
Níquel								
Plomo								
Uranio								
Conductividad a 20°C								
pH								
Turbidez								

Cuadro 7.61: SETA 3E/1000UE - Parámetros químicos inorgánicos

- **Conclusión:** El proceso de coagulación-floculación-decantación (TM-2) es efectivo para aluminio, arsénico, cobre, cromo, hierro y manganeso.
- **Conclusión:** El proceso de ósmosis inversa (TM-6) es efectivo para la eliminación de antimonio, boro, cobre, molibdeno, níquel y uranio.
- **Conclusión:** El proceso de ósmosis inversa (TM-6) reduce la conductividad y la turbidez.
- **Conclusión:** No se observa reducción en el cadmio y el plomo.

Parámetro	Decantador	TM-1 Entrada en planta	TM-2 CFD	TM-3 Filtr.	TM-4 CAG	TM-5 MicroFiltr.	TM-6 OI	TM-7 OI+UV-C
1,2 dicloroetano								
1,1 dicloroetano								
clorobenceno								
1,3 dicloropropeno								
hexacloro 1,3 butadieno								

Cuadro 7.62: SETA 3E/1000UE - Compuestos orgánicos volátiles

- **Conclusión:** La decantación inicial produce una aireación que permite la eliminación de los compuestos orgánicos volátiles.
- **Conclusión:** El proceso de coagulación-floculación-decantación se considera como indispensable en la planta dado que hasta éste no se observa una reducción de clorobenceno, 1,2 dicloroetano y hexacloro 1,3 butadieno.

7.3.3. En relación con las mejoras de las líneas existentes con los procesos analizados, señalando la garantía sanitaria que se puede alcanzar (OBJDEF 6).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, las mejoras de las líneas existentes son las siguientes:

- **Mejora 1:** Añadir un dispositivo de intercambio iónico entre el filtro de arena de sílice y el de carbón activo granular con objeto de eliminar los elementos inorgánicos.
- **Mejora 2:** Añadir un dispositivo de radiación UV-C previo al proceso de ósmosis inversa con objeto de romper las cadenas de los compuestos orgánicos y favorecer el mantenimiento de las membranas.

Capítulo 8

Conclusiones

8.1. Conclusiones de los objetivos planteados

8.1.1. Conclusiones de la LI 1 “Inorgánicos”

8.1.1.1. Conclusiones de la eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno mediante intercambio iónico

Se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- **Conclusión:** El proceso de intercambio iónico es eficaz para la eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno.
- **Conclusión:** Los límites alcanzables para estos parámetros se estiman en:
  - Boro $0,02 \mu\text{g/L} \pm 0,00$
  - Cobre $<20 \mu\text{g/L}$
  - Molibdeno $2,37 \mu\text{g/L} \pm 0,36$
- **Conclusión:** El porcentaje de eliminación se estima en:
  - Boro: LOG 5,05 a 5,43
  - Cobre: LOG 2,18
  - Molibdeno: LOG 3,20

8.1.1.2. Conclusiones de la eliminación de los metales boro, cobre y molibdeno mediante coagulación-floculación-decantación

Se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- **Conclusión:** El proceso de coagulación-floculación-decantación es eficaz para la eliminación de los elementos inorgánicos boro, cobre y molibdeno.
- **Conclusión:** A mayor concentración de boro, menor es el rendimiento de eliminación obtenido pasando del 50 % para valores iniciales de 2 mg/L al 30 % al aumentar la concentración a 4 mg/L.
- **Conclusión:** No se puede determinar el rendimiento de eliminación de cobre aunque se puede estimar dentro de la banda del 45 al 80 %.
- **Conclusión:** No se puede determinar el rendimiento de eliminación de molibdeno aunque se puede estimar dentro de la banda del 30 al 70 %.
- **Conclusión:** No se observa una relación directa entre los procesos de coagulación-floculación-decantación y el de ozonización para la eliminación de boro, cobre o molibdeno.

8.1.2. Conclusiones de la LI 2 “Compuestos Orgánicos Volátiles”

8.1.2.1. Conclusiones de la eliminación de los compuestos orgánicos clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante carbón activo granular

Se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- **Conclusión:** El proceso de carbón activo granular es eficaz para la eliminación de los compuestos orgánicos clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno.
- **Conclusión:** El porcentaje de eliminación se estima en:
  - clorobenceno: 95,79 a 78,95 %
  - 1,1 dicloroetano: 85,19 a 64,91 %
  - 1,2 dicloroetano: 71,01 a 23,08 %
  - hexacloro 1,3 butadieno: 90,48 a 68,25 %

8.1.2.2. Conclusiones de la eliminación de los compuestos orgánicos clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno mediante procesos de oxidación avanzada

Se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- **Conclusión:** El proceso de oxidación avanzada no es eficaz para la eliminación de los compuestos orgánicos clorobenceno, 1,1 dicloroetano, 1,2 dicloroetano, 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno.
- **Conclusión:** Los resultados de rendimiento alcanzados para estos parámetros se estiman en:
  - Clorobenceno entre $66,29 \% \pm 3,67$ y $38,57 \% \pm 2,83$.
  - 1,1 Dicloroetano entre $19,57 \% \pm 2,62$ y $6,43 \% \pm 1,43$.
  - 1,2 Dicloroetano entre $11,57 \% \pm 1,00$ y $3,57 \% \pm 0,37$.
  - 1,3 Dicloropropeno entre $43,14 \% \pm 9,87$ y $11,00 \% \pm 3,35$.
  - Hexaclor 1,3 butadieno entre $86,14 \% \pm 3,44$ y $60,00 \% \pm 9,28$.
- **Conclusión:** La adición de radiación UV-C supone un incremento del rendimiento.
- **Conclusión:** Conforme aumenta la cantidad de radiación UV-C suministrada a la muestra se obtienen resultados dispares, aumentando el rendimiento de eliminación en el clorobenceno, no afectando al 1,3 dicloropropeno y hexacloro 1,3 butadieno y disminuyendo en el 1,1 dicloroetano y 1,2 dicloroetano.
- **Conclusión:** La aplicación de ozono provoca disparidad de resultados no pudiéndose demostrar el beneficio en su aplicación.
- **Conclusión:** Al no poderse demostrar el beneficio de aplicar ozono para la eliminación de estos compuestos, se desaconseja su utilización dado el alto poder oxidante y su repercusión en el mantenimiento de los equipos de tratamiento de aguas.
- **Conclusión:** En contra de lo esperado tras analizar la bibliografía de referencia, la adición de TiO_2 para actuar como catalizador reduce el rendimiento de eliminación de estos compuestos.
- **Conclusión:** En contra de lo esperado tras analizar la bibliografía de referencia, la adición de H_2O_2 no supone una alteración significativa en el rendimiento de eliminación de estos compuestos.
- **Conclusión:** Al no poderse demostrar el beneficio de aplicar H_2O_2 para la eliminación de estos compuestos, se desaconseja su utilización debido a la necesidad de su eliminación previa a la ingestión, lo que supondría implementar la planta tanto con un suministrador de este compuesto como un eliminador de éste.

8.1.3. Conclusiones de la LI 3 “Plantas portátiles”

8.1.3.1. Stellar Metafilter 8M36.

Se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- **Conclusión:** Esta planta es ineficaz para eliminar los parámetros de este estudio.
- **Conclusión:** Se produjo una reducción significativa de cobre (92 %).
- **Conclusión:** La planta redujo la turbidez hasta un 50 %.
- **Conclusión:** Con los datos disponibles habría que considerar a esta planta como un pretratamiento de plantas más complejas.

8.1.3.2. SETA 3E/1000UE.

Se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- **Conclusión:** Esta planta de tratamiento de aguas potables portátil asegura la calidad de las aguas para consumo humano acorde al RD 140/2003 de referencia (29).
- **Conclusión:** Desde el punto de vista teórico, los procesos de coagulación-floculación-decantación y el de ósmosis inversa se consideran necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.
- **Conclusión:** Desde el punto de vista teórico, el principal proceso para la eliminación de los parámetros químicos orgánicos es el de carbón activo granular.
- **Conclusión:** Los procesos de coagulación-floculación-decantación se consideran necesarios para la eliminación del aluminio, arsénico, cobre, cromo, hierro, manganeso, 1,2 dicloroetano, clorobenceno y hexacloro 1,3 butadieno.
- **Conclusión:** El proceso de ósmosis inversa se considera como indispensable en la planta dado que hasta éste no se observa una reducción de antimonio, boro, cobre, molibdeno, níquel, uranio, la conductividad y la turbidez.
- **Conclusión:** No se observan variaciones para el rendimiento de eliminación del cadmio y el plomo.

8.1.3.3. Modelo de planta tipo de tratamiento de aguas potables portátil para actuar en caso de emergencias.

Aunque el modelo SETA 3E/1000UE proporciona agua potable de calidad, la secuencia de procesos mejorada es la siguiente:

1. Pretratamiento
2. Oxidación
3. Coagulación-floculación-decantación
4. Filtración por arena
5. Intercambio iónico
6. Carbón activo granular
7. Microfiltración
8. Radiación UV
9. Ósmosis inversa
10. Radiación UV
11. Cloración final

Capítulo 9

Otras líneas de investigación

Las nuevas líneas de investigación vienen determinadas por los parámetros de los cuales se desconoce un tratamiento efectivo o es necesario investigar sobre él y que vienen reflejados en las páginas 219 y 224.

Anexo A

Legislación utilizada relativa a las aguas de consumo humano

A.1. Procedencia del agua destinada para el consumo humano.

A.1.1. Legislación Civil Nacional

A.1.1.1. Autor: España (28).

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
PH	-	(6,5-8,5)	(5,5-9)	(5,5-9)
Color	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en suspensión	mg/L	(25)	-	-
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad a 20 T	Us/cm	(1,000)	(1,000)	(1,000)
Nitratos	mg/1 NO ₃	50	50	50
Fluoruros	mg/L FE	1,5	(1,7)	(1,7)
Hierro disuelto	mg/L FE	0,3	2	(1)
Manganeso	mg/L Mn	(0,05)	(0,1)	(1)
Cobre	mg/L Cu	0,05	(0,05)	(t)
Zinc	mg/L Zn	3	5	5
Boro	mg/L B	(1)	(1)	(1)
Arsénico	mg/L As	0,05	0,05	0,1
Cadmio	mg/L Cd	0,005	0,005	0,005
Cromo total	mg/L Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/L Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg/1 Se	0,01	0,01	0,01

Cuadro A.1: Características básicas de calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable. Orden de 11 de mayo de 1988 (28). Cuadro I

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
Mercurio	mg/L Hg	0,001	0,001	0,001
Bario	mg/L Ba	0,1	1	1
Cianuros	mg/L CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos	mg/L SO ₄	250	250	250
Cloruros	mg/L CL	(200)	(200)	(200)
Detergentes,	mg/L	(0,2)	(0,2)	(0,5)
	(lauril-sulfato)			
Fosfatos	mg/L P ₂ O ₅	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	mg/L	0,001	0,005	0,1
	C ₆ H ₅ OH			
Hidrocarburos disueltos o emulsioidados (tras extracción en éter de petróleo)	mg/L	0,05	0,2	1
Carburos aromáticos policíclicos	mg/L	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales	mg/L	0,001	0,0025	0,005
DQO	mg/L O ₂	-	-	(30)
Oxígeno disuelto	% satur	(70)	(50)	(30)
DBO ₅	mg/L O ₂	(3)	(5)	(7)
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N	(1)	(2)	(3)
Amoniaco	mg/L NH ₄	(0,05)	1,5	4
Sustancias extraíbles con clorofórmico	mg/L SEC	(0,1)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37 °C	100 mL	(50)	(5000)	(50000)
Coliformes fecales	100 mL	(20)	(2000)	(20000)
Estreptococos fecales	100 mL	(20)	(1000)	(10000)
Salmonellas	-	Ausente en 5000 mL	Ausente en 5000 mL	-

Cuadro A.2: Características básicas de calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable. Orden de 11 de mayo de 1988 (28). Cuadro II

A.2. Calidad de los cursos de agua, secciones de ríos, lagos o estanques necesaria para ser tratadas y porteriormente aptas para el consumo humano

A.2.1. Legislación Civil Nacional

A.2.1.1. Autor: Unión Europea (13).

Salinidad	Calidad General del Agua			
	1A	1B	2S	3S
0	1AS0	1BS0	2SO	3SO
1	1AS1	1BS1 AGUA POTABLE (tratamiento simple o normal) INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	2S1 RIEGO	3S1
2	1AS2	1BS2 BEBIDAS PARA ANIMALES	2S2 AGUA INDUSTRIAL Agua potable (tratamiento impulsado)	3S2 RIEGO
3	1AS3	1BS3 BAÑOS DISTRACCIONES PECES (viven y se reproducen normalmente)	2S3 BEBIDAS PARA ANIMALES	3S3 AUTODEPURACIÓN NAVEGACIÓN REFRIGERACIÓN
4	1AS4	1BS4	2S4 Distracciones (contactos excepcionales con el agua) Peces (viven normalmente su reproducción puede ser aleatoria)	3S4 Autodepuración. Peces (su supervivencia puede ser aleatoria en circunstancias determinantes)

Cuadro A.3: Calidad general del agua. Directiva 75/440/CEE (13)

	Parámetros	Unidades	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
1	pH		6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
2	Coloración (después de filtración simple)	mg/L escala Pt	10	20(O)	50	100(O)	50	200(O)
3	Materiales totales en suspensión	mg/L MES	25					
4	Temperatura	°C	22	25(O)	22	25(O)	22	25(O)
5	Conductividad	µs/cm ⁻¹ a 20°C	1 000		1 000		1 000	
6	Olor	factor de dilución a 25°C	3		10		20	
7	Nitratos	mg/L NO ₃	25	50(O)		50(O)		50(O)
8	Fluoruros	mg/L F	0,7/1	1,5	0,7/1,7		0,7/1,7	
9	Cloro orgánico total extraíble	mg/L Cl						
10	Hierro disuelto	mg/L Fe	0,1	0,3	1	2	1	
11	Manganeso	mg/L Mn	0,05		0,1		1	
12	Cobre	mg/L Cu	0,02	0,05(O)	0,05		1	
13	Zinc	mg/L Zn	0,5	3	1	5	1	5
14	Boro	mg/L B	1		1		1	
15	Berilio	mg/L Be						
16	Cobalto	mg/L Co						
17	Níquel	mg/L Ni						
18	Vanadio	mg/L V						
19	Arsénico	mg/L As	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
20	Cadmio	mg/L Cd	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
21	Cromo total	mg/L Cr		0,05		0,05		0,05
22	Plomo	mg/L Pb		0,05		0,05		0,05
23	Selenio	mg/L Se		0,01		0,01		0,01
24	Mercurio	mg/L Hg	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
25	Bario	mg/L Ba		0,1		1		1
26	Cianuro	mg/L Cn		0,05		0,05		0,05
27	Sulfatos	mg/L SO ₄	150	250	150	250(O)	150	250(O)
28	Cloruros	mg/L Cl	200		200		200	
29	Agentes tensoactivos (que reaccionan ante el azul de metileno)	mg/L (lauryl-sulfato)	0,2		0,2		0,5	
30	Fosfatos	mg/L P ₂ O ₅	0,4		0,7		0,7	
31	Fenoles (índice fenoles) para anitralina, 4 aminoantipirina	mg/L C ₆ H ₅ OH		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
32	Hidrocarburos disueltos o emulsionados (después de extracción por éter de petróleo)	mg/L		0,05		0,2	0,5	1
33	Carburo aromático policíclico	mg/L		0,0002		0,0002		0,001
34	Plaguicidas-total (paratión, HCH, dieldrina)	mg/L		0,001		0,0025		0,005
35	Demanda química oxígeno (DQO)	mg/L O ₂					30	
36	Tasa de saturación de oxígeno disuelto	% O ₂	>70		>50		>30	
37	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) a 20°C sin nitrificación	mg/L O ₂	<3		<5		<7	
38	Nitrógeno Kjeldahl (tranne NO ₃)	mg/L N	1		2		3	
39	Ammoniacal	mg/L NH ₄	0,05		1	1,5	2	4(O)
40	Sustancias extraíbles con cloroformo	mg/L SEC	0,1		0,2		0,5	
41	Carbono orgánico total	mg/L C						
42	Carbono orgánico residual tras floculación y filtración en membrana (5 ?) TOC	mg/L C						
43	Coliformes totales 37°C	/100 mL	50		5000		50000	
44	Coliformes fecales	/100 mL	20		2000		20000	
45	Streptococchi fecali	/100 mL	20		1000		10000	
46	Salmonelas		ausente en 5000 mL		ausente en 1000 mL			

I= impérative (obligatorio).
G= guía.
O= circunstancias climáticas o geográficas excepcionales.

Cuadro A.4: Calidades de aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Directiva 75/440/CEE (13)

A.3. Calidad exigida por la legislación para el agua destinada para el consumo humano.

A.3.1. Legislación Civil Nacional

A.3.1.1. Autor: España. Ministerio de la Presidencia(29).

Define los parámetros y valores paramétricos que establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Dichos parámetro vienen clasificados en: microbiológicos, químicos y relacionados con la radiactividad.

Cuadro A.5: Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en España. Real Decreto 140/2003 (29)

Parámetro	Valor paramétrico
A. Parámetros microbiológicos.	
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 mL
2. Enterococo	0 UFC en 100 mL
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	0 UFC en 100 mL
B.1 Parámetros químicos.	
4. Antimonio	5,0 µg/L
5. Arsénico	10 µg/L
6. Benceno	1,0 µg/L
7. Benzo(a)pireno	0,010 µg/L
8. Boro	1,0 mg/L
9. Bromato	10 µg/L
10. Cadmio	5,0 µg/L
11. Cianuro	50 µg/L
12. Cobre	2,0 mg/L
13. Cromo	50 µg/L
14. 1,2-Dicloroetano	3,0 µg/L
15. Fluoruro	1,5 mg/L
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	0,10 µg/L
...Suma de:	
.....Benzo(b)fluoranteno	µg/L
.....Benzo(ghi)perileno	µg/L
.....Benzo(k)fluoranteno	µg/L
Continúa ...	

Cuadro A.5: Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en España. Real Decreto 140/2003 (29) (continuación)

Parámetro	Valor paramétrico
.....Indeno(1,2,3cd)pireno	$\mu\text{g/L}$
17. Mercurio	$1,0 \mu\text{g/L}$
18. Microcistina	$1 \mu\text{g/L}$
19. Níquel	$20 \mu\text{g/L}$
20. Nitrato	50 mg/L
21. Nitritos:	
...Red de distribución	$0,5 \text{ mg/L}$
...En la salida de la ETAP/depósito	$0,1 \text{ mg/L}$
22. Total de plaguicidas	$0,50 \mu\text{g/L}$
23. Plaguicida individual	$0,10 \mu\text{g/L}$
...Excepto para los casos de:	
.....Aldrín	$0,03 \mu\text{g/L}$
.....Dieldrín	$0,03 \mu\text{g/L}$
.....Heptacloro	$0,03 \mu\text{g/L}$
.....Heptacloro epóxido	$0,03 \mu\text{g/L}$
24. Plomo:	
...A partir de 01/01/2014	$10 \mu\text{g/L}$
...De 01/01/2004 a 31/12/2013	$25 \mu\text{g/L}$
25. Selenio	$10 \mu\text{g/L}$
26. Trihalometanos (THMs):	$100 \mu\text{g/L}$
...Suma de:	
.....Bromodiclorometano	$\mu\text{g/L}$
.....Bromoformo	$\mu\text{g/L}$
.....Cloroformo	$\mu\text{g/L}$
.....Dibromoclorometano	$\mu\text{g/L}$
27. Tricloroeteno+Tetracloroeteno	$10 \mu\text{g/L}$
.....Tetracloroeteno	$\mu\text{g/L}$
.....Tricloroeteno	$\mu\text{g/L}$
B.2 Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto.	
28. Acrilamida.	$0,10 \mu\text{g/L}$
29. Epiclorhidrina	$0,10 \mu\text{g/L}$
30. Cloruro de vinilo	$0,50 \mu\text{g/L}$
D. Radiactividad.	
50. Dosis indicativa total	$0,10 \text{ mSv/año}$
51. Tritio	100 Bq/L
52. Actividad total	$0,1 \text{ Bq/L}$
53. Actividad β total	1 Bq/L
Fin del cuadro	

Del valor 50 hay que excluir el tritio, el potasio⁴⁰, el radón y los productos de desintegración del radón.

Del valor 53 hay que excluir el potasio⁴⁰ y el tritio.

A.3.1.2. Autor: Unión Europea (12).

Cuadro A.6: Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en la Unión Europea. Directiva 98/83/CE (12)

Parámetro	Valor paramétrico	Unidades
A. Parámetros microbiológicos.		
Escherichia coli (E. coli)	0	número/100 mL
Enterococos	0	número/100 mL
B. Parámetros químicos.		
Acrilamida	0,10	µg/L
Antimonio	5,0	µg/L
Arsénico	10	µg/L
Benceno	1,0	µg/L
Benzo(a)pireno	0,010	µg/L
Boro	1,0	mg/L
Bromato	10	µg/L
Cadmio	5,0	µg/L
Cromo	50	µg/L
Cobre	2,0	mg/L
Cianuro	50	µg/L
1,2-dicloroetano	3,0	µg/L
Epiclorhidrina	0,10	µg/L
Fluoruro	1,5	mg/L
Plomo	10	µg/L
Mercurio	1,0	µg/L
Níquel	20	µg/L
Nitrato	50	mg/L
Nitrito	0,50	mg/L
Plaguicidas	0,10	µg/L
Total plaguicidas	0,50	µg/L
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (Suma de concentraciones de compues- tos especificados)	0,10	µg/L
Selenio	10	µg/L
Tetracloroetano y tricloroetano (Suma de concentraciones de compues- tos especificados)	10	µg/L
Total trihalometanos (Suma de concentraciones de compues- tos especificados)	100	µg/L
Continúa ...		

Cuadro A.6: Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano en España. Real Decreto 140/2003 (29) (continuación)

Parámetro	Valor paramétrico	Unidades
Cloruro de vinilo	0,50	$\mu\text{g/L}$
Fin del cuadro		

A.3.2. Legislación Civil Internacional

A.3.2.1. Autor: Estados Unidos (86).

El Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA establece los siguientes límites de contaminantes del agua destinada a consumo humano:

Cuadro A.7: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19)

Nombre	Name	unidad	Nivel máxi- mo de conta- minante o Téc- nica de trata- miento	Meta para la salud pública
Químicos Inorgánicos				
Antimonio	Antimony	mg/L	0,006	0,006
Arsénico	Arsenic	mg/L	0,01	0
Asbestos(fibras >10 micrómetros)	Asbestos(fibras >10 micrometers)	Millones de fibras por litro	7	7
Bario	Barium	mg/L	2	2
Berilio	Beryllium	mg/L	0,004	0,004
Cadmio	Cadmium	mg/L	0,005	0,005
Cromo (total)	Chromium (total)	mg/L	0,1	0,1
Cobre	Cooper	mg/L	TT+C44; Nivel de ac- ción=1,3	1,3
Cianuro (como cianuro libre)	Cyanide (as free cyanide)	mg/L	0,2	0,2
Flúor	Fluoride	mg/L	4	4
Plomo	Lead	mg/L	TT7; Nivel de ac- ción=0,15	0
Mercurio (inorgánico)	Mercury (inorganic)	mg/L	0,002	0,002
Continúa ...				

Cuadro A.7: Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA (86) (continuación)

Nombre	Name	unidad	Nivel máximo de contaminación o Técnica de tratamiento	Meta para la salud pública
Nitrato (medido como nitrógeno)	Nitrate (measured as Nitrogen)	mg/L	10	10
Nitrito (medido como nitrógeno)	Nitrite (measured as Nitrogen)	mg/L	1	1
Selenio	Selenium	mg/L	0,05	0,05
Talio	Thalium	mg/L	0,002	0,002
Químicos Orgánicos				
Acrilamida	Acrylamide	mg/L	TT	0
Alaclor	Alachlor	mg/L	0,002	0
Atrazina	Atrazine	mg/L	0,003	0,003
Benceno	Benzene	mg/L	0,005	0
Benzo(a)pireno	Benzo(a)pyrene (PAHs)	mg/L	0,0002	0
Carbofurano	Carbofuran	mg/L	0,04	0,04
Tetracloruro de carbono	Carbon tetrachloride	mg/L	0,005	0
Clordano	Chlordane	mg/L	0,002	0
Clorobenceno	Chlorobenzene	mg/L	0,1	0,1
2,4-D	2,4-D	mg/L	0,07	0,07
Dalapon	Dalapon	mg/L	0,2	0,2
1,2-Dibromo-3-cloropropano (DBCP)	1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/L	0,0002	0,0002
Orto-Diclorobenceno (o-DCB)	Ortho-Dichlorobenzene (o-DCB)	mg/L	0,6	0,6
Para-Diclorobenceno (p-DCB)	Para-Dichlorobenzene (p-DCB)	mg/L	0,075	0,075
1,2-Dicloroetano	1,2-Dichloroethane	mg/L	0,005	0
Continúa ...				

Cuadro A.7: Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA (86) (continuación)

Nombre	Name	unidad	Nivel máximo de contaminación o Técnica de tratamiento	Meta para la salud pública
1-1-Dicloroetileno	1,1-Dichloroethylene	mg/L	0,007	0,007
cis-1,2-Dicloroetileno	cis-1,2-Dichloroethylene	mg/L	0,07	0,07
trans-1,2-Dicloroetileno	trans-1,2-Dichloroethylene	mg/L	0,1	0,1
Diclorometano	Dichloromethane	mg/L	0,005	0
1,2-Dicloropropano	1,2-Dichloropropane	mg/L	0,005	0
Adipato de di-(2-etilhexilo)	Di(2-ethylhexyl) adipate	mg/L	0,4	0,4
Ftalato de di-(2-etilhexilo)	Di(2-ethylhexyl) phthalate	mg/L	0,006	0
Dinoseb	Dinoseb	mg/L	0,007	0,007
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	Dioxin (2,3,7,8-TCDD)	mg/L	0,000000030	0
Diquat	Diquat	mg/L	0,02	0,02
Endotal	Endothall	mg/L	0,1	0,1
Endrina	Endrin	mg/L	0,002	0,002
Epiclorohidrina	Epichlorohydrin	mg/L	TT8	0
Etilbenceno	Ethylbenzene	mg/L	0,7	0,7
Dobromuro de etileno (EDB)	Ethylene dibromide	mg/L	0,00005	0
Glifosato	Glyphosate	mg/L	0,7	0,7
Heptacloro	Heptachlor	mg/L	0,0004	0
Heptacloro epoxídico	Heptachlor epoxide	mg/L	0,0002	0
Hexaclorobenceno	Hexachlorobenzene	mg/L	0,001	0
Hexaclorociclopentadieno	Hexachlorocyclopentadiene	mg/L	0,05	0,05
Lindano	Lindane	mg/L	0,0002	0,0002
Metoxicloro	Methoxychlor	mg/L	0,04	0,04
Oxamil (Vidato)	Oxamyl (Vydate)	mg/L	0,2	0,2
Pentaclorofenol	Pentachlorophenol	mg/L	0,001	0
Continúa ...				

Cuadro A.7: Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA (86) (continuación)

Nombre	Name	unidad	Nivel máximo de contaminación o Técnica de tratamiento	Meta para la salud pública
Picloram	Picloram	mg/L	0,5	0,5
Bifenilos policlorados (PCB)	Polychlorinated biphenyls (PCBs)	mg/L	0,0005	0
Simazina	Simazine	mg/L	0,004	0,004
Estireno	Styrene	mg/L	0,1	0,1
Tetracloroetileno	Tetrachlorethylene	mg/L	0,005	0
Tolueno	Toluene	mg/L	1	1
Toxafeno	Toxaphene	mg/L	0,003	0
2,4,5-TP (Silvex)	2,4,5-TP (Silvex)	mg/L	0,05	0,05
1,2,4-Triclorobenceno	1,2,4-Trichlorobenzene	mg/L	0,07	0,07
1,1,1-Tricloroetano	1,1,1-Trichloroethane	mg/L	0,2	0,2
1,1,2-Tricloroetano	1,1,2-Trichloroethane	mg/L	0,005	0,003
Tricloroetileno (TCE)	Trichlorethylene	mg/L	0,005	0
Cloruro de vinilo	Vinyl chloride	mg/L	0,002	0
Xyleno (total)	Xylenes (total)	mg/L	10	10
Radionucleidos				
Actividad bruta de partículas alfa	Alpha particles	Bq/L	15 picocuries por litro (pCi/L)	0
Emisores de partículas beta y de fotones	Beta particles and photon emitters	Bq/L	4 milirems por año (mrem/año)	0
Radio 226 y Radio 228 (combinados)	Radium 226 and Radium 228 (combined)	pCi/L	5	0
Uranio	Uranium	ug/L	30	0
Continúa ...				

Cuadro A.7: Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA (86) (continuación)

Nombre	Name	unidad	Nivel máximo de contaminación o Técnica de tratamiento	Meta para la salud pública
Microorganismos				
Cryptosporidium parvum	Cryptosporidium parvum		99 % eliminación	0
Giardia Lamblia	Giardia Lamblia		99,9 % eliminación	0
Conteo de placas de bacterias heterótrofas (HPC)	Heterotrophic plate count (HPC)		500 colonias/mL	-
Legionella	Legionella		-	0
Coliformes totales (incluyendo los coliformes fecales y E. coli)	Total Coliforms (including fecal coliform and E. coli)	UFC/100mL	5 % muestras positivas	0
Enterovirus	Viruses (enteric)		99,99 % eliminación	0
Turbidez (Nephelometric Turbidity Unit NTU)	Turbidity	NTU	1 (0,5 filtración convencional o directa)	-
Desinfectante				
Cloraminas (como Cl ₂)	Chloramines (as Cl ₂)		MRDL=4,0MRDLG=4	
Continúa . . .				

Cuadro A.7: Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de la EPA (86) (continuación)

Nombre	Name	unidad	Nivel máximo de contaminación o Técnica de tratamiento	Meta para la salud pública
Cloro (como Cl ₂)	Chlorine (as Cl ₂)	mg/L	MRDL=4,0	MRDLG=4
Dióxido de Cloro (como ClO ₂)	Chlorine dioxide (as ClO ₂)		MRDL=0,8	MRDLG=0,8
Subproducto de desinfección				
Bromato	Bromate	mg/L	0,01	0
Clorito	Chlorite	mg/L	1	0,8
Ácidos haloacéticos (HAA5)	Haloacetic acids (HAA5)	mg/L	0,06	-
Trihalometanos totales (TTHM) (Cloroformo, Bromoformo, Diclorometano, Dibromoclorometano).	Total Trihalomethanes (TTHMs)	mg/L	0,08	-
Fin del cuadro				

A.3.2.2. Autor: Federación de Rusia (19).

Como norma general, las listas están compuestas de cinco columnas:

- Columna 1: Nombre científico
- Columna 2: Sinónimo o nombre popular
- Columna 3: Concentración máxima permitida en mg/L. En caso de que aparezca un asterisco, significa que el valor es estimativo por métodos estadísticos. En caso de que aparezca NONE significa que el valor medido sea inferior al límite de detección del instrumento.
- Columna 4: Característica limitante. s.-t.: sanitario y toxicológico. org.: organoléptico. (odr.: olor; clr.: color; fmg.: espuma; fm.: forma una película superficial; lavr.: sabor; op.: provoca opacidad)
- Columna 5: Categoría del riesgo: 1.- Extremadamente peligroso; 2.- Peligro alto; 3.- Peligroso; 4.- Moderadamente peligroso.

Límites de contaminantes exigibles del agua destinada a consumo humano que establece es la siguiente:

Parameters		Measurement units	Standards
Thermotolerant bacteria	Coliform	Amount of bacteria per 100 mL	None
General Coliform bacteria		Amount of bacteria per 100 mL	None
Total bacterial count		Amount of colony-forming units per 1 mL	max 50
Coliphages		Amount of the plaque-forming units (PFU) per 100 mL	None
Sulfite-reducing Clostridium spores	Clostri-	Amount of spores per 20 mL	None
Lambliacysts		Amount of cysts per 50 liters	None

Cuadro A.8: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros microbiológicos y parasitológicos (19).

Cuadro A.9: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros microbiológicos y parasitológicos (19).

Parameters	Units	Standard value mg/L	Hazard in parameter	Hazard category
Composite indices				
Hydrogen ion concentration	units, pH	in the range of 6-9		
Total salt content (solid residue)	mg/L	1000		
Total water hardness	mg- equivalents/L	7		
Permanganate demand	mg/L	5		
Petrochemicals, cumulative	mg/L	0,1		
Surface active substances (SAS), anionic	mg/L	0,5		
Phenol index	mg/L	0,25		
Inorganic Substances				
Aluminum (Al ³⁺)	mg/L	0,5	s.-t.	2
Barium (Ba ²⁺)	mg/L	0,1	s.-t.	2
Beryllium (Be ²⁺)	mg/L	0,0002	s.-t.	1
Boron (B, cumulative)	mg/L	0,5	s.-t.	2
Ferrum (Fe, cumulative)	mg/L	0,3	org.	3
Cadmium (Cd, cumulative)	mg/L	0,001	s.-t.	2
Manganese (Mn, cumulative)	mg/L	0,1	org.	3
Cuprum (B, cumulative)	mg/L	1	org.	3
Molybdenum (Mo, cumulative)	mg/L	,025	s.-t.	2
Arsenium (As, cumulative)	mg/L	0,05	s.-t.	2
Nickel (Ni, cumulative)	mg/L	0,1	s.-t.	3
Nitrates (as to NO ₃ ⁻)	mg/L	45	s.-t.	3
Mercury (Hg, cumulative)	mg/L	,0005	s.-t.	1
Plumbum (Pb, cumulative)	mg/L	0,03	s.-t.	2
Selenium (Se, cumulative)	mg/L	0,01	s.-t.	2
Strontium (Sr ²⁺)	mg/L	7	s.-t.	2
Sulphates (SO ₄ ²⁻)	mg/L	500	org.	4
Fluorides (F ⁻) (for climatic areas)				
- I and II	mg/L	1,5	s.-t.	2
- III	mg/L	1,2	s.-t.	2
Chlorides (Cl ⁻)	mg/L	350	org.	4
Chromium (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,05	s.-t.	3
Continúa ...				

Cuadro A.9: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros microbiológicos y parasitológicos (19) (continuación)

Parameters	Units	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Cyanides (CN ⁻)	mg/L	0,035	s.-t.	2
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	5	org.	3
Organic substances				
gamma HCCH (lindane)	mg/L	0,002	s.-t.	1
DDT (total isomers)	mg/L	0,002	s.-t.	2
2,4-D	mg/L	0,03	s.-t.	2
Fin del cuadro				

Cuadro A.10: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros subproductos de los procesos de tratamientos (19).

Parameters	Units	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Chlorum				
-residual free	mg/L	within 0,3-0,5	org.	3
-residual fixed	mg/L	within 0,8-1,2	org.	3
Chloroform (at water chlorination)	mg/L	0,2	s.-t.	2
Residual ozone	mg/L	3	org.	
Formaldehyde (at water ozone treatment)	mg/L	0,05	s.-t.	2
Polyacrylamide	mg/L	2	s.-t.	2
Activated silicic acid (per Si)	mg/L	10	s.-t.	2
3-Polyphosphates (per PO ₄ ³⁻)	mg/L	3,5	org.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.10: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros subproductos de los procesos de tratamientos (19) (continuación)

Parameters	Units	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Residual amount of aluminum and ferrum bearing coagulants	mg/L	see parameters Aluminum and Ferrum in previous table		
Fin del cuadro				

Parameters	Units of measurement	Standards max
Odor	points	2
Flavour	points	2
Colority	degrees	20
Suspended-materials concentration	FTU (Formazin Units) or mg/L (per kaoline)	2,6 or 1,5

Cuadro A.11: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros organolépticos (19).

Parameters	Units of measurement	Radiological parameters	safety
Consolidated parameters			
Specific total alpha-activity	Bq/kg	0,2	
Specific total beta-activity	Bq/kg	1	
Radionuclides			
222 Radon (Rn)	Bq/kg	60	
SUM of radionuclides	units	≤1,0	

Cuadro A.12: Rusia. SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable. Parámetros radiológicos (19).

Límites de contaminantes no exigibles del agua destinada a consumo humano que establece es la siguiente:

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Valores no exigibles de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Inorganic Substances				
1. Elements, cations				
Thallium		0.0001	s.-t.	2
Phosphorus, elemental		0.0001	s.-t.	1
Niobium		0.01	s.-t.	2
Tellurium		0.01	s.-t.	2
Samarium		0.024	s.-t.	2
Lithium		0.03	s.-t.	2
Stibium		0.05	s.-t.	2
Wolframium		0.05	s.-t.	2
Argentum		0.05	s.-t.	2
Vanadium		0.1	s.-t.	3
Bismuth		0.1	s.-t.	2
Cobalt		0.1	s.-t.	2
Rubidium		0.1	s.-t.	2
Europium		0.3 <1>	org. flavr.	4
Ammonia (as to nitro)		2.0	s.-t.	3
Chromium(Cr ³⁺)		0.05	s.-t.	3
Silicium		10.0	s.-t.	2
Sodium		200.0	s.-t.	2
2. Anions				
Rhodanide ion		0.1	s.-t.	2
Chlorite ion		0.2	s.-t.	3
Bromide ion		0.2	s.-t.	2
Persulphate ion		0.5	s.-t.	2
Hexanitrocobaltate ion		1.0	s.-t.	2
Ferrocyanide ion		1.25	s.-t.	2
Hydrosulphide ion		3.0	s.-t.	2
Nitrite ion		3.0	org.	2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Perchlorate ion		5.0	s.-t.	2
Chlorate ion		20.0	org. flavr.	3
Sulphurated hydrogen	Hydrogen sulphide	0.003	org. odr.	4
Hydrogen dioxide	Hydrogen peroxide	0.1	s.-t.	2
Organic Substances				
1. Carbohydrates				
1.1. aliphatic				
Isoprene	2-methyl buta1,3diene	0.005	org. odr.	4
Butadiene-1,3	Divinyl	0.05	org. odr.	4
Butylene	But-1-ene	0.2	org. odr.	3
Ethylene	Ethene	0.5	org. odr.	3
Propylene	Propene	0.5	org. odr.	3
Isobutene	2-methylprop -1-ene	0.5	org. odr.	3
1.2. Closed-chain				
1.2.1. Alicyclic				
1.2.1.1. Mononucleate				
Cyclohexene	tetrohydro-benzene	0.02	s.-t.	2
Cyclohexane	Hexahydro-benzene, hexamethylene	0.1	s.-t.	2
1.2.1.2. Multinucleate				
Norbornene	2,3-Dicyclo (2.2.1)hep-tene	0.004	org. odr.	4
Dicycloheptadiene	Bicyclo (2,2,1)hepta -2,5-diene, norborna-diene	0.004	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Dicyclopentadiene	Tricyclode-ka-3,8-diene 3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methano -1 H-inden	0.015	org. odr.	3
1.2.2. Aromatic				
1.2.2.1. Mononucleate				
Benzene		0.01	s.-t.	2
Ethylbenzene		0.01	org. flavr.	4
m-Diethylbenzene	1,3-Diethyl-benzene	0.04	org. odr.	4
Xylene	Dimethyl-benzene	0.05	org. odr.	3
Diisopropylbenzene	di-1-methyl-ethylbenzene	0.05	s.-t.	2
Monobenzyltoluene	3-Benzyl-toluene	0.08	org. odr.	2
Butylbenzene	1-Phenyl-butane	0.1	org. odr.	3
Isopropylbenzene	cumene, 1-methylethylbenzene	0.1	org. odr.	3
Styrole	Vinylbenzene	0.1	org. odr.	3
alpha-Methylstyrene	(1-Methylvinyl)benzene	0.1	org. flavr.	3
Propyl benzene	1-Phenyipro-pane	0.2	org. odr.	3
n-t-butyltoluene	1-(1,1-Dimethylethyl)-4-methylbenzene, 1-methyl-4-t-butylbenzen	0.5	org. odr.	3
Toluene	Methyl-benzene	0.5	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Dibenzyltoluene	[(3-Methyl-4-benzyl)phenyl]phenyl-methane	0.6	org. odr.	3
1.2.2.2. Multinucleate Benz(a)pyrene		0.000-005	s.-t.	1
1.2.2.2.1. biphenyls Diphenyl	Biphenyl, phenyl-benzene	0.001	s.-t.	2
Alkylenediphenyl		0.4	org. film	2
1.2.2.2.2. condensated Naphthalene		0.01	org. odr.	4
2. Halogen-containing compounds				
2.1. Aliphatic				
2.1.1. Containing only maximum bonds Iodoform	Triiodo-methane	0.0002	org. odr.	4
Tetrachloroheptane		0.0025	org. odr.	4
1,1,1,9-Tetrachlorononane		0.003	org. odr.	4
Butyl chloride	1-chlor-butane	0.004	s.-t.	2
1,1,1,5-Tetrachloropentane		0.005	org. odr.	4
Tetrachloride carbon	Tetrachloro-methane	0.006	s.-t.	2
1,1,1,11-Tetrachlorohendecane		0.007	org. odr.	4
Hexachlorobutane		0.01	org. odr.	3
Hexachloroethane		0.01	org. odr.	4
1,1,1,3-Tetrachloropropane		0.01	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
1-Chloro-2,3-dibromopropane	1,2-Dibrom-3-chloropropane, nemagon	0.01	org. odr.	3
1,2,3,4-Tetrachlorobutane		0.02	s.-t.	2
Pentachlorobutane		0.02	org. odr.	3
Perchlorobutane		0.02	org. odr.	3
Pentachloropropane		0.03	org. odr.	3
Dichlorobromomethane		0.03	s.-t.	2
Chlorodibromomethane		0.03	s.-t.	2
1,2-Dibromo-1,1,5-trichloropentane	Ethyl bromide	0.04	org. odr.	3
1,2,3-Trichloropropane		0.07	org. odr.	3
Trifluorochloropropane	Freon 253	0.1	s.-t.	2
1,2-Dibromopropane		0.1	s.-t.	3
Bromoform	Tribromo-methane	0.1	s.-t.	2
Tetrachloroethane		0.2	org. odr.	4
Chloroethyl	Chloroethane ethyl-chloride,	0.2	s.-t.	4
1,2-Dichloropropane		0.4	s.-t.	2
1,2-Dichloroisobutane	2-Methyl-1,2 dichloropropane	0.4	s.-t.	2
Dichloromethane	Methylene chloride	7.5	org. odr.	3
Diffuorochloromethane	Freon-22	10.0	s.-t.	2
Diffuorodichloromethane	Freon-12	10.0	s.-t.	2
Methyl chloroform	1,1,1-tri-chloroethane	10.0 <1>	s.-t.	2
2.1.2. Containing double bonds				
Tetrachloropropene		0.002	s.-t.	2
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
2-Methyl-3-chloroprop-1-ene	Methallyl chloride	0.01	s.-t.	2
beta-Chloroprene	2-chlorobuta 1,3-diene	0.01	s.-t.	2
Hexachlorobutadiene	Perchlorobu-ta-1,3-diene	0.01	org. odr.	3
2,3,4-Trichlorobutene-1	2,3,4-Tri- chlorobut-1-ene	0.02	s.-t.	2
2,3-Dichlorobutadiene-1,3	2,3-Dichloro buta-1,3-diene	0.03	s.-t.	2
1,1,5-Trichloropentene		0.04	org. odr.	3
Vinyl chloride	Chloroethene chloro-ethylene	0.05	s.-t.	2
1,3-Dichlorobutene-2	1,3-Dichloro but-2-ene	0.05	org. odr.	4
3,4-Dichlorobutene-1		0.2	s.-t.	2
Allyl chloride	3-chloroprop -1-ene	0.3	s.-t.	3
1,1-Dichloro-4-methylpentadiene-1,4	Diene-1,4	0.37	org. flavr.	3
Dichloropropene		0.4	s.-t.	2
3,3-Dichloroisobutylene	3,3-Dichloro 2-methyl-1- propene	0.4	s.-t.	2
1,3-Dichloroisobutylene	2-Methyl-1,3 dichloro-prop	0.4	s.-t.	2
1,1-Dichloro-4-methylpentadiene-1.3	Diene-1,3	0.41	org. odr.	3
2.2. Closed-chain				
2.2.1. Alicyclic				
2.2.1.1. Mononucleate				
Hexachlorocyclopentadiene	12 3 4 5 5-Hexachloro-1,3-cyclopentadiene	0.001	org. odr.	3
1,1-Dichlorocyclohexane		0.02	org. odr.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
1,2,3,4,5,6-Hexachlorocyclohexane	Hexachlorane	0.02	org. odr.	4
Perchloromethylene-cyclopentene	4-(Dichloromethylene)-Hexachlorocyclopentene	0.05	org. odr.	4
Chlorocyclohexane		0.05	org. odr.	3
2.2.1.2. Multinucleate				
1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4-endo-exo-5,8-dimethanenaphthalene	1,4,4a,5,8, 8a-Hexahydro-1,2,3, 4,10,10-hexa chloro-1,4, 5,8-dimetha-nenaphthalene, aldrin	0.002	org. flavr.	3
1,4,5,6,7,8,8-Heptachlor-4,7-endo-methylene-3a,4,7,7a-tetrahydroindene	3a,4,7,7a-Tetrahydro-1,4,5,6,7,8, 8-heptachloro-4,7-methano-1H-indene,heptachlor	0.05	s.-t.	2
beta-Dihydroheptachlor	2,3,3a,4,7, 7a-Hexa-hydro-2,4,5,6,7,8,8-heptachlor-4,7-methano indene, dichlor	0.1	org. odr.	4
Polychloropinene		0.2	s.-t.	3
2.2.2. Aromatic				
2.2.2.1. Mononucleate				
2.2.2.1.1. with halogen atom in the nuclear				
2,5-Dichloro-n-t-butyltoluene	1,4-Dichloro 2-(1,1-dime-thyl)-5-me-thylbenzene	0.003	org. odr.	3
o-Dichlorobenzene	1,2-Dichloro benzene	0.002	org. odr.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Chlor-n-t-butyltoluene	1-Methyl-4-(1,1-dimethylethyl)-2 benzene chloride	0.002	org. odr.	4
1,2,3,4-tetrachlorobenzene		0.01	s.-t.	2
Chlorobenzene		0.02	s.-t.	3
2,4-Dichlorotoluene	2,4-Dichloromethylbenzene	1- 0.03	org. odr.	3
1,3,5-Trichlorobenzene		0.03	org. odr.	3
2,3,6-Trichlorotoluene		0.03	org. odr.	3
o- and n-Chlorotoluene	o- and n-chloromethylbenzene	0.2	s.-t.	3
2,3,6-Trichlor-n-t-butyltoluene		0.1	org. odr.	4
2.2.2.1.2. with halogen atom in the side chain				
Benzyl chloride	Chloromethyl benzene	0.001	s.-t.	2
Hexachlorometaxylenes	1,3-Bis(tri-chloromethyl) benzene	0.008	org. odr.	4
Hexachloroparaxylenes	1,4-Bis(tri-chloromethyl) benzene	0.03	org. odr.	4
Benzotrichloride	Trifluoromethylbenzene	0.1	s.-t.	2
2.2.2.2. Multinucleate				
2.2.2.2.1. Biphenyls				
Monochlorodiphenyl	Monochloro-biphenyl	0.001	s.-t.	2
Dichlorodiphenyl	Dichlorobi-phenyl	0.001	s.-t.	2
Trichlorodiphenyl	Trichlorobi-phenyl	0.001	s.-t.	1
Pentachlorodiphenyl	Pentachloro-biphenyl	0.001	s.-t.	1
2.2.2.2.2. condensed				
2-2-Chloronaphthalene		0.01	org. odr.	4
3. Oxygen containing compounds				
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3.1. Alcohols and simple ethers				
3.1.1. Monohydroxy alcohols				
3.1.1.1. Aliphatic alcohols				
3-Methyl-3-butene1ol	Isobutenyl-carbinol	0.004	s.-t.	2
Heptyl alcohol, regular	Heptan-1-ol hexyl-carbinol	0.005	s.-t.	2
3-Metal-1-butene-3-ol	2-Methylpro- 2-pen-1-ol, dimethylvi- nylcarbinol, isoprene alcohol	0.005	s.-t.	2
Hexyl alcohol, regular	Hexan-1-ol, amylcarbi-nol, pentyl-carbinol	0.01	s.-t.	2
Hexyl alcohol, secondary	1-Methylpen- tan-1-ol, hexan-2-ol, methylbuten- carbinol	0.01	s.-t.	2
Hexyl alcohol, tertiary	2-Methylpen- tan-2-ol, diethylme- thylcarbinol flotation reagent, TTS	0.01	s.-t.	2
Nonyl alcohol, regular	Nonan-1-ol, octylocarbi- nol	0.01	s.-t.	2
Octyl alcohol , regular	Octan-1-ol, heptylcarbi- nol	0.05	org. flavr.	3
Butyl alcohol, regular	Butan-1-ol, propylcarbinol	0.1	s.-t.	2
Allyl alcohol	Prop-2-en-1-ol, vinyl-carbinol	0.1	org. flavr.	3
Isobutyl alcohol	2-Methylpro-pan-1-ol, isopropyl-carbinol	0.15	s.-t.	2
Butyl alcohol, secondary	Butan-2-ol, methylisoby-butyl-carbinol	0.2	s.-t.	2
Propyl alcohol	Propan-1-ol, ethyl-carbinol	0.25	org. odr.	4
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Isopropyl alcohol	Propan-2-ol, dimethylcarbinol	0.25	org. odr.	4
Butyl alcohol, tertiary	t-butyl alcohol, 1,1-dimethyl ethanol, trimethylcarbinol, 2-methylpropan-2-ol	1.0	s.-t.	2
Amyl alcohol	Pentan-1-ol, butylcarbinol	1.5	org. odr.	3
Methyl alcohol	Methanol, carbinol	3.0	s.-t.	2
3.1.1.1.1. Halogen substituted monohydroxy alcohols				
Ethylene chlorhydrin	1-Chlor-2-hydroxyethane, 2-chloroethanol, 2-chloroethyl alcohol, chloromethylcarbinol, 1-chloroethan-2-ol	0.1	s.-t.	2
1,1,7-Trihydro dodecafluoroheptyl alcohol	P-3	0.1	org. odr.	4
1,1,3-Trihydro tetradecafluoropropyl alcohol	P-1	0.25	org. odr.	3
1,1,5-Trihydro octafluoropentyl alcohol	P-2	0.25	org. odr.	4
1,1,9-Trihydro he-xadecafluorononyl alcohol	P-4	0.25	org. odr.	4
1,1,13-Trihydro tetraeicosafuorotri-decyl alcohol	P-6	0.25	org. odr.	3
1,1,11-Trihydro ei-cosafluoroundecylic alcohol	P-5	0.5	org. odr.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
beta,beta-Dichlor-isopropyl alcohol	1,3-Dichlor-propan-2-ol, dichlorohyd-rin, dichlor methylcarbinol	1.0	org. odr.	3
1,1-Dihydroperfluoroheptyl alcohol	7-Trideca-fluoroheptan -1-ol	4.0	s.-t.	2
3.1.1.2. Closed-chain				
3.1.1.2.1. Alicyclic Cyclohexanol	Hexahydro-phenol	0.5	s.-t.	2
3.1.1.2.2. Aromatic				
3.1.1.2.2.1. Mononucleate				
3.1.1.2.2.1.1. Phenols				
Phenol		0.001	org. odr.	4
m- and n-Cresol	m- and n-Methylphenol, 1-hydroxy-2 (and 4) me-thylphenol	0.004	s.-t.	2
o- and n-Propylphenol	1-Hydroxy-2 (and 4)-propyl benzene	0.01	org. odr.	4
Alkylphenol		0.1	org.	3
Dimethylphenol	Xylenol	0.25	org. odr.	4
3.1.1.2.2.1.1.1. halogen substituted				
Chlorophenol		0.001	org. odr.	4
Dichlorophenol		0.002	org. flavr.	4
Trichlorophenol		0.004	org. flavr.	4
3.1.1.2.2.1.2. Containing a hydroxy group in the side chain				
3.1.1.2.2.1.2.1. Halogen substituted				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3.1.1.2.2.2. Condensated				
alpha-Naphthol	Napht-1-ol, naphthol	1- 0.1	org. odr.	3
3-Naphthol	Napht-1-ol, naphthol	2- 0.4	s.-t.	3
3.1.2. Simple ethers				
3.1.2.1. Aliphatic				
Ethylvinylbutyl-ether	1-Butoxi-but-1-en-3-ine, butoxi-butenine	0.002	org. odr.	4
Diethylacetal	1,1-Dietho-xoethane	0.1	org. odr.	4
Ethoxylate for pr. alch. C12 - C15		0.1	org. foam	4
Diethylether	Ethoxyethane	0.3	org. flavr.	4
Dimethyl ether	Methoxi-methane	5.0	s.-t.	4
3.1.2.1.1. Halogen substituted				
beta,beta-Dichlordiethyl ether	1,1'-Oxibis (2-chloroethane), chlorex	0.03 <1>	s.-t.	2
3.1.2.2. Aromatic				
Diphenylolpropane	4,4'-Isopropylidendi-phenol	0.01	org. flavr.	4
m-Phenoxitoluene	3-Phenoxi-toluene	0.04	org.	4
Anisol	Methoxyben-zene	0.05	s.-t.	3
3.1.3. Polyatomic alcohols and mixed compounds				
3.1.3.1. Aliphatic polyatomic alcohols				
2-Methyl2,3-butandiol	Methylbutan-diol	0.04	s.-t.	2
Glycerol	Trioxipropane,propan-triol	0.06 <1>	org. foam	4
Pentaerythritol	2,2-Dimethylolpropan-di-ol-1,3	0.1	s.-t.	2
Ethylene glycol	Ethan-1,2-diol	1.0	s.-t.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
1,4-Butindiol	But-2-in-1,4-diol	1.0	s.-t.	2
1,4-Butandiol	Butan-1,4-diol	5.0	s.-t.	2
3.1.3.1.1. Halogen substituted				
Monochlorohydrin	3-Chloropro-pan-1,2-di-ol, alpha-chloro-hydrine	0.7	org. flavr.	3
3.1.3.2. Polyatomic phenols				
Pyrocatechol	1,2-Benzene-diol, 1,2-dioxibenzene	0.1	org. clr.	4
Pyrogallol	1,2,3-Tri-oxibenzene	0.1	org. clr.	3
Hydroquinone	1,4-Dioxi-benzene	0.2	org. clr.	4
5-Methylresorcine	5-Methyl,1,3-benzenediol	1.0	org. clr.	4
3.1.3.2.1. Halogen substituted				
2,2-Bis-(4-hydroxi-3,5-dichlorophenyl)propane	Tetrachloro-diane	0.1	org. flavr.	4
3.1.3.3. Containing hydroxy and oxy groups				
3.1.3.3.1. Aliphatic				
2-allyloxiethyl alcohol		0.4	s.-t.	3
Diethylene glycol	2,2'-Oxidi-ethanol	1.0	s.-t.	3
Tetraethylene glycol	2,2'-Oxidiethylendioxidi-ethanol	1.0	s.-t.	3
Pentaethylene glycol	3,6,9,12-Tetraoxa-tetradecan-1.14-di-ol,ethylenglycoltetra-oxidiethyl ether	1.0	s.-t.	3
3.1.3.3.2. Aromatic				
3-Phenoxibenzyl alcohol	3-Phenoxi-phenylmetha-nol,3-phen-oxiphenyl-carbinol	1.0 <1>	s.-t.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3.2. Aldehydes and ketones				
3.2.1. Containing only one oxy group				
3.2.1.1. Aliphatic				
3.2.1.1.1. Aliphatic compounds containing only maximum bonds				
Diethylketone	Pentan-3-one	3- 0.1	org. odr.	4
Methylethylketone	Butan-2-one, oxobutane	2- 1.0	org. odr.	3
3.2.1.1.1.1. Halogen substituted				
Chloral	Trichlorace-taldehyde	0.2	s.-t.	2
Perfluoroheptanal-hydrate		0.5	s.-t.	2
3.2.1.1.1.2. Containing hydroxy and oxy groups				
Diacetone alcohol	4-Hydroxi-methylpen-ten-2-one	4- 0.5 <1>	s.-t.	2
3.2.1.1.2. Containing a double bond				
Acrolein	Propenal, allyl aldehyde	0.02	s.-t.	1
Mesityl oxide	2-Methylpent -2-en-4-one	0.06 <1>	s.-t.	2
alpha-Ethyl-beta-acrolein	2-Ethylhexe-nal	0.2	org. odr.	4
beta-Methylacrolein	But-2-enal, croton aldehyde, 2-butenal	0.3	s.-t.	3
3.2.1.2. Closed-chain				
3.2.1.2.1. Alicyclic				
Cyclohexanol		0.2	s.-t.	2
3.2.1.2.1.1. Halogen substituted				
Bromcamphora		0.5 <1>	org. odr.	3
3.2.1.2.2. Aromatic				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3.2.1.2.2.1. Containing mononucleate aromatic substitutes				
m-Phenoxibenzaldehyde	3-Phenoxibenzaldehyde	0.02	s.-t.	2
Acetophenone		0.1	s.-t.	3
2,2-Dimethoxy-1,2-diphenylethanone	2,2-Dimethoxy-1,2-diphenylacetophenone	0.5 <1>	org. odr.	3
3.2.1.2.2.1.1. Halogen substituted				
m-Brombenzaldehyde	3-Brombenzaldehyde	0.02	s.-t.	2
Pentachloracetophenone	1-(Penta-chlorphenyl)ethanone	0.02	org. flavr.	3
3,3-Dimethyl-1-chlor-1-(4-chlorphenoxi)butan-2-one		0.04	s.-t.	4
3.2.2. Containing more than one oxy group				
Tetrahydroquinone	Cyclohexan-1,4-dione, 1,4-dioxo-cyclohexane	0.05	org. odr.	3
Glutaric aldehyde	Glutaric dialdehyde	0.07	s.-t.	2
Acetylacetonates		2.0 <1>	s.-t.	2
Anthraquinones	9,10-Dihydro -9,10-dioxo-anthracene, 9,10-anthracendione	10,0	s.-t.	3
3.2.2.1. Halogen substituted				
2,3,5,6-Tetrachlor-n-benzoquinone	Chloranil, tetrachlorquinone	0.01	org. chr.	3
2,3-Dichlor-5-dichlormethylene-2-cyclopenten-1,4-dione	4,5-Dichlor-2-(dichlormethylene)-4-cyclopenten-1,3-dione, diketone	0.1	org. odr.	3
2,3-Dichlor-1,4-naphthoquinone		0.25	s.-t.	2
1-Chloranthraquinone		3.0	s.-t.	2
2-Chloranthraquinone	beta-Chloranthraquinone	4.0	s.-t.	2
3.2.2.2. containing a hydroxy group				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
1,5-Dihydroxyanthraquinone	1,5-Dihydro-xi-9,10-anthracen-dione	0,1	org. clr.	3
1,8-Dihydroxianthraquinone	Dantrone	0.25	org. clr.	3
1,2-Dihydroxianthraquinone	1,2-Dihydro-xi-9,10-anthracendi-one, alizarin	3.0	s.-t.	2
1,4,5,8-Tetrahydroxianthraquinone	1,4,5,8-Tet-rahydroxi-9,10-anthra-cendione	3.0	s.-t.	2
1,4-Dihydroxianthraquinone	Quinizarine	4.0	s.-t.	2
3.3. Carboxylic acids and their derivative compounds				
3.3.1. Carboxylic acids and their ions				
3.3.1.1. Containing one carboxy group				
3.3.1.1.1. Aliphatic				
3.3.1.1.1.1. Containing only maximum bonds				
3.3.1.1.1.1. Halogen substituted				
alpha, alpha, beta- tri-chloropropionic acid	2,2,3-Tri-trichloropro-pionic acid	0.01	org. flavr.	4
Chlorenantic acid	7-chloro- heptanic acid	0.05	org. odr.	4
Monochloracetic acid, salt	Chloracetic acid, salt	0.05	s.-t.	2
Chlorundecanoic acid	11- undecanoic acid	0.1	org. odr.	4
Chlorpelargonic acid	9-chlor- nonanic acid	0.3	org. odr.	4
Perfluorovaleric acid	Nonafluoro- pentanic acid, perfluoroper ta-nic acid	0.7	s.-t.	2
alpha-Monochlor-propionic acid	2-Chlorpro- pionie acid	0.8	org. flavr.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Hydroperfluoroenantic acid	2,2, 3 3 4 4 5 5 6,6,7,7-hepta-decafluorooctanoic acid	1.0	s.-t.	2
Perfluoroenantic acid	Perfluoroheptanoic acid	1.0	s.-t.	2
2,2-dichloropropionic acid, sodium salt	Dalapon	2.0	org. odr.	3
Trichloroacetic acid, salt		5.0	org. odr.	4
3.3.1.1.1.2. Containing aromatic substitutes				
3.3.1.1.1.3. containing hydroxi-, oxi- and oxogroups				
5-(2,5-dimethylphenoxy)-2,2-dimethylpentanoic acid	Gemfibrozil	0.001	s.-t.	1
Phenoxyacetic acid	Glycolic acid, phenide hydroxyacetic acid, phenide	1.0	s.-t.	2
2-(alpha-naphthoxy)propionic acid	2-(1-naphthoxy)propionic acid	2.0	s.-t.	2
3.3.1.1.1.3.1. Halogen substituted				
2,4-dichlorophenoxy alpha-oleic acid	4-(2,4-dichlorophenoxy)oleic acid, 2,4-DM	0.01	s.-t.	2
2-Methyl-4-chlorophenoxyoleic acid	4-(2-methylphenoxy)-4-chlorobutanoic acid, tropotox	0.03	org. odr.	3
2,4-Dichlorophenoxy-alpha-propionic acid	2-(2,4-dichlorophenoxy)propionic acid, 2,4-DP	0.5	org. flavr.	3
3.3.1.1.1.2. Containing olefinic bonds				
Acrylic acid	Propan-2-enoic acid	0.5	s.-t.	2
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Metacrylic acid	2-methylpropan-2-encarbonic acid	1.0	s.-t.	3
3.3.1.1.2.1. Oxo and halogen containing compounds				
alpha, beta-dichlor-beta-forminacrylic acid	4-oxo-2,3-dichlorisocrotonic acid, mucchloric acid	1.0	s.-t.	2
3.3.1.1.2. Closed-chain				
3.3.1.1.2.1. Alicyclic				
Chrisanthemic acid, salt	2,2-dimethyl 3-propenyl-1-cyclopropancarbonic acid, salt; 3-Isobutenyl 2,2-dimethyl 1-cyclopropan-carbonic acid, salt	0.8	s.-t.	3
Naphthenic acids		1.0	org. odr.	4
3.3.1.1.2.2. Aromatic				
Benzene monocarbonic acid, salt		0.6	org. flavr.	4
3.3.1.1.2.2.1. Halogen substituted				
2-chlorbenzene carbonic acid	o-chlorbenz-ene carbonic acid	1.0	org. flavr.	4
4-chlorbenzene carbonic acid	4-n-chlorbenz-ene carbonic acid	0.2	org. flavr.	4
2,3,6-trichlorbenzene carbonic acid		1.0	s.-t.	2
3.3.1.1.2.2.2. containing hydroxy, oxy and oxo groups				
2-Metoxo-3,6-dichlorbenzene carbonic acid	2-Metoxo-3,6-dichlorbenzene carbonic acid, dianat	15.0	s.-t.	2
3.3.1.2. Polyatomic acids				
3.3.1.2.1. Aliphatic				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Maleinic acid	Cisbutendio-ic acid	1.0	org. odr.	4
Adipic acid, salt	Hexandioic acid, salt; 1,4-butan-dicarbonic acid, salt	1.0	s.-t.	3
Sebacylic acid	1,8-Octan-dicarbonic acid	1.5	s.-t.	3
3.3.1.2.2. Aromatic				
3.3.1.2.2.1. Halogen substituted				
3.3.2. Compound ethers				
3.3.2.1. Compound ethers of monoatomic acids				
3.3.2.1.1. Aliphatic				
3.3.2.1.1.1. Maximum				
3.3.2.1.1.1.1. Unsubstituted				
3.3.2.1.1.1.1.1. Alcohols containing only maximum bonds				
Methyl acetate	Acetic acid, methyl ether; methyl ether of acetic acid	0.1	s.-t.	3
Ethyl acetate	Acetic acid, ethyl ether; ethyl ether of acetic acid	0.2	s.-t.	2
3.3.2.1.1.1.1.2. Containing doublebonds				
Cis-8-dodecynyl-acetate	Acetic acid, Z-dodec-8- enylic ether; Z-dodec-8- enylic ether of acetic acid; Denacil	0.00001	org. odr.	4
Vinyl acetate	Acetic acid, vinyl ether; vinyl ether of acetic acid	0.2	s.-t.	2
3.3.2.1.1.1.1.3. of polyatomic alcohols				
3.3.2.1.1.1.1.4. alcohols containing hydroxy, oxy and oxo groups0.6				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Ethylidendiacetate	Acetic acid, 1-acetoxyethyl ether; acetoxyethyl ether of acetic acid	0.6	s.-t.	2
3.3.2.1.1.1.2. of halogen substituted compounds				
2,4,5-Trichlorophenoxy ethyl-alpha,alpha-dichloropropionate	2,2-dichloro-2-(2,4,5-trichlorophenoxy)ethyl ether; 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)ethyl ether of 2,2-dichloropropionic acid;	2.5	s.-t.	3
2,4,5-Trichlorophenoxy ethyltrichloracetate	Acetic acid, trichloro-2-(2,4,5-trichlorophenoxy)ethyl ether; tri-chloro-2(2,4,5-trichlorophenoxy)ethyl ether of acetic acid; hexanate pentanate	5.0	s.-t.	3
3.3.2.1.1.1.3. Containing hydroxy, oxy and oxo groups				
Ethyl ether of lactic acid	2-hydroxypropionic acid, ethyl ether	0.4	s.-t.	3
Acetylacetic acid, methyl ether	Methylacetoacetate, methyl ether of acetylacetic acid	0.5 <1>	s.-t.	2
Isopropyl ether of lactic acid	1-hydroxypropionic acid, 1-methyl-ethyl ether	1.0	s.-t.	3
Acetopropylacetate	Acetic acid, 4-oxopentyl ether 4-oxopentyl ether of acetic acid	2.8 <1>	s.-t.	2
3.3.2.1.1.1.3.1. of halogen substituted compounds				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
gamma-Chlorocrotyl ether of dichlorophenoxiacetic acid	4-Chlorbut-2 enyl ether of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid; crotylin	0.02	org. odr.	4
alpha-methylbenzyl ether of 2-chloroacetylacetic acid	2-Chlor-3-oxooleic acid, 1-phenyl-ethyl ether	0.15	s.-t.	2
Octyl ether of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid	2,4-dichlorophenoxyacetic acid, octyl ether	0.2	org. odr.	3
Butyl ether of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid	2,4-dichlorophenoxyacetic acid, butyl ether; butyl ether 2,4-D; 2,4-DB	0.5	org. odr.	3
3.3.2.1.1.2. Containing double or triple bonds				
3.3.2.1.1.2.1. of monohydroxy alcohols				
Ethyl acrylate	Acrylic acid, ethyl ether; ethyl ether of acrylic acid	0.005	org. odr.	4
Ethyl ether of 3,3-dimethyl-4,6,6-trichlor-5-hexenic acid	3,3-dimethyl-4,6,6-trichlor-5-hexenic acid ethyl ether	0.008	org. odr.	3
Butyl acrylate	Acrylic acid, butyl ether; butyl ether of acrylic acid	0.01	org. flavr.	4
Methylmetacrylate	2-methyl-2-propenoic acid, methyl ether; methyl ether of metacrylic acid	0.01	s.-t.	2
Butyl ether of metacrylic acid	Metacrylic acid, butyl ether	0.02	org. odr.	4
Methyl acrylate	Acrylic acid, methyl ether; methyl ether of acrylic acid	0.02	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Ethyl ether of beta, beta-dimethyl acrylic acid	Ethyl ether of 3-methyl-but-2-enic acid	0.4	org. odr.	3
3.3.2.1.2.2. of polyatomic alcohols				
Monometacrylic ether of ethylene glycol	Metacrylic acid, 2-hydroxy-ethyl ether	0.03	s.-t.	4
3.3.2.1.2. Closed-chain				
3.3.2.1.2.1. Alicyclic				
Methyl ether of 2,2-dimethyl-3-propenyl-1-cyclopropanecarbonic acid	2,2-dimethyl-3-(2-methyl-prop-1-enyl)-cyclopropan-1-carbonic, methyl ether; methyl ether of chrisan-themic acid; methylchri-santemate	0.61	org. odr.	4
3.3.2.1.2.1.1. Containing oxogroups				
3.3.2.1.2.2. Aromatic				
Methyl benzoate	Benzoic acid, methyl ether; methyl ether of benzoic acid, neobon oil	0.05	org. flavr.	4
n-toluic acid, methyl ether	4-methyl-benzoic acid methyl ether; methyl ether of n-toluic acid	0.05	org. flavr.	4
3.3.2.1.2.2.1. Containing aromatic substitute in alcohol				
3.3.2.2. Compound ethers of dibasic acids				
3.3.2.2.1. Aliphatic				
3.3.2.2.1.1. Maximum				
3.3.2.2.1.1.1. Maximum aliphatic alcohols				
3.3.2.2.1.1.2. Olefinic alcohols				
3.3.2.2.1.2. containing double or triple bonds 1.0				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Diethyl ether of maleic acid	Maleinic acid, diethyl ether	1.0	s.-t.	2
3.3.2.2.2. Aromatic				
Dimethylphthalate	Phthalic acid, dimethyl ether; dimethyl ether of phthalic acid	0.3	s.-t.	3
Diethyl ether of tetrachlorterephthalic acid	Tetrachlor-terephthalic acid, dimethyl ether; dacthal W-75; chlorthalme-thyl	1.0	s.-t.	3
Dimethylterephthalate	Terephthalic acid, dimethyl ether; dimethyl ether of terephthalic acid	1.5	org. odr.	4
3.3.3. Anhydrides and acid halides				
Diacyl chloride of terephthalic acid	Terephthalic acid, dichlor-anhydride; terephthaloylchloride; 1,4-benzenedicarbonyldichloride	0.02	org. odr.	4
Diacyl chloride of 2,3,5,6-tetrachlorterephthalic acid	2,3,5,6-tetrachlor-terephthalic acid, dichloranhydride; 2,3,5,6-tetrachlor terephthaloyl dichloride; 2,3,5,6-tetrachlor-1,4-benzendicarbonyldichloride	0.02	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Diacyl chloride of isophthalic acid	Isophthalic acid, dichloranhydride; isophthaloylchloride; 1,3-benzenedicarbonyl-dichloride	0.08	org. odr.	4
4. Nitrogen containing compounds				
4.1. Amines and their salts				
4.1.1. Primary				
4.1.1.1. Containing one aminogroup				
4.1.1.1.1. Aliphatic				
4.1.1.1.1.1. Containing only maximum bonds				
Amines C16 - C20		0.03	org. odr.	4
Amines C10 - C15		0.04	org. odr.	4
Monoisopropanolamine	2-Methyl-1-propanamine	0.04	org. flavr.	3
Amines C7 - C9		0.1	org. odr.	3
Monopropylamine	Propylamine	0.5	org. odr.	3
Monoethylamine	Ethylamine	0.5	org. odr.	3
t-Butylamine		1.0	s.-t.	3
Monomethylamine	Methylamine	1.0	s.-t.	3
Isopropylamine		2.0	s.-t.	3
Monobutylamine	Butylamine	4.0	org. odr.	3
4.1.1.1.1.1.1. Containing oxy-, oxo- and carboxygroups				
Isopropanolamine	1-Amino- 2-hydroxy-propane	0.3	s.-t.	2
Monoethanolamine	2-Amino-ethanol	0.5	s.-t.	2
4.1.1.1.1.2. Containing olefinic bonds				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Monoallylamine	Allylamine	0.005	s.-t.	2
4.1.1.1.1.2.1. Containing oxy-, oxo-, hydroxy and carboxygroups				
Vinyl ether of monoethanolamine	2-(Ethenyloxy)ethanamine, 1-vinyl oxy-2-aminoethane	0.006	org. odr.	3
4.1.1.1.1.2.2. Acid amides				
Acrylamide	Propenamide, Acrylic acid, amide	0.01	s.-t.	2
Metacrylamide	Metacrylic acid, amide	0.1	s.-t.	2
Methylolmetacrylamide	4-Hydroxy-2-methylbut-2-enic acid, amide	0.1	s.-t.	2
N,N-Dimethylaminomethylacrylamide	KF-6	2.0	s.-t.	2
4.1.1.1.2. Closed-chain				
4.1.1.1.2.1. Alicyclic				
4.1.1.1.2.2. Aromatic				
4.1.1.1.2.2.1. Mononucleate				
Alkylaniline		0.003	s.-t.	2
2,4,6-Trimethylaniline	2,4,6-Trime-thylaniline, mesidine	0.01	s.-t.	2
Aniline	Phenylamine, aminobenzene	0.1	s.-t.	2
n-Butylaniline	n-Aminobutylbenzene	0.4	org. odr.	3
m-Toluidine	3-Methyl-aniline	0.6	s.-t.	2
n-Toluidine	4-Methyl-aniline, m-aminomethylbenzene	0.6	org. odr.	3
4.1.1.1.2.2.1.1. Halogen substituted				
Dichloraniline	Dichlorobenzenamine	0.05	org.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Bromotoluene	Bromotoluene(mix of o,m,n-isomers)	0.05 <1>	org. odr.	4
m-Trifluoromethyl-aniline	3-(Trifluoromethyl)benzamine, 3-aminobenzotri-fluoride	0.02	s.-t.	2
m-Chloraniline	3-Chlorobenzenamine	0.2	s.-t.	2
n-Chloraniline	4-Chlorobenzenamine	0.2	s.-t.	2
2,4,6-Tri-chloroaniline	2,4,6-Tri-chlorobenzenamine	0.8	org. flavr.	3
2,4,5-Tri-chloroaniline	2,4,5-Tri-chlorobenzenamine	1.0	org. film	4
4.1.1.1.2.2.1.2. Containing hydroxy, oxy, oxo and carboxygroups				
o-Aminophenol	1-Amino-2-hydroxybenzene, o-hyd-oxy-aniline	0.01	org. clr.	4
n-Anisidine	4-Methoxy-aniline	0.02	s.-t.	2
o-Anisidine	2-Methoxy-aniline	0.02	s.-t.	2
n-Phenetidine	4-Ethoxy-aniline, amino-phenetol	0.02	s.-t.	2
n-Aminophenol		0.05	org. clr.	4
Phenylhydroxylamine	N-Phenylhydroxylamine	0.1	s.-t.	3
m-Aminophenol	1-Amino-3-hydroxybenzene, hydro-xyaniline	0.1 <1>	org. clr.	4
4-Aminobenzoic acid		0.1	s.-t.	3
5-Aminosalicylic acid	5-Amino-2-hydroxybenzoic acid	0.5	org. clr.	4
3-Aminobenzoic acid		10.0	org. clr.	4
4.1.1.1.2.2.1.2.1. Halogen substituted				
4-Amino-3-chlorophenol		0.1	org. clr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
4.1.1.1.2.2.1.3. Acid amides				
Benzamide		0.2	<1>	s.-t. 3
4.1.1.1.2.2.2. Aromatic condensated				
1-Aminoanthraquinone		10.0		s.-t. 2
4.1.1.2. Containig two or more aminogroups				
4.1.1.2.1. Aliphatic				
4.1.1.2.1.1. Containing only maximum bonds				
Hexamethylenediamine	1,6-Diamino-hexane	0.01		s.-t. 2
Hydrazine		0.01		s.-t. 2
1,12-Dodecamethylenediamine	1,12-Dodecan diamine, 1,12-diamino dodecane	0.05		s.-t. 3
Ethylendiamine	1,2-Diamino-ethane	0.02		org. odr. 4
4.1.1.2.1.1.1. Containing hydroxy, oxy, oxo carboxygroups and				
Tetraoxypropylethylenediamine	Lapromol 294	2.0		s.-t. 2
4.1.1.2.1.1.2. Acid amides				
4.1.1.2.1.2. Containing olefinic bonds				
Diallylamine		0.01		s.-t. 2
Alkylpropylendiamine		0.16		org. odr. 4
4.1.1.2.2. Aromatic				
4.1.1.2.2.1. Mononucleate				
o-Phenylendiamine	1,2-Diamino-benzene, phenylen-1,2-diamine	0.01		org. clr. 3
Phenylhydrazine		0.01		s.-t. 3
4,4'-Diamino diphenyl ether	4,4'-Oxy-bisbenzen-amine	0.03		s.-t. 2
m,n-Phenylendiamine	Diaminoben-zene, pheny-lendiamine	0.1		s.-t. 2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
4.1.1.2.2. Condensated multinucleate				
1,4-Diamino-anthraquinone	1,4-Diamino-9,10-anthra-cendione	0.02	org. clr.	3
1,5-Diamino-anthraquinone	1,5-Diamino-9,10-anthra-cendione	0.2	org. clr.	4
4.1.2. Secondary				
4.1.2.1. Containing only aliphatic substitutes				
Diisobutylamine	Bis(2-methyl propyl)-amine, 2-me-thyl-M-(2-me thylpropyl)-1-propan-amine	0.07	org. flavr.	4
Dimethylamine		0.1	s.-t.	2
Isopropyloctadecyl-amine	N-Isopropyl-octadecyl- amine	0.1	org. film	4
Diethyltri-amine	N-(2-amino- ethyl)-1,2- ethanedi- amine, 2,2'-diami- nodiethyl-amine	0.2	org. odr.	4
Dipropylamine	N-propyl-1-propanamine	0.5	org. flavr.	3
Diisopropylamine	M-Isopropyl-1-isopropan-amine	0.5	s.-t.	3
Ethylbutylamine	N-Ethyl-1-butanamine	0.5	org. flavr.	3
Dibutylamine	N-Butyl-1-butanamine	1.0	org. odr.	3
Diethylamine		2.0	s.-t.	3
4.1.2.1.1. Containing hydroxy, oxy, oxo and carboxygroups				
Diethanolamine		0.8	org. flavr.	4
4.1.2.1.2. Oxymes				
Acetoxyme		8.0	s.-t.	2
4.1.2.1.3. Hydroxamic acids				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
4.1.2.2. Containing closed chain substitutes				
4.1.2.2.1. Containing alicyclic substitutes				
N-Ethylcyclohexylamine		0.1	s.-t.	4
4.1.2.2.1.1. Urea derivatives with one alicyclic substitute				
4.1.2.2.2. Containing mononucleate aromatic substitutes				
4-Aminodiphenylamine	N-Phenyl-1,4 benzenedi-amine, N-phenyl -n-phenylen-diamine	0.005	s.-t.	2
Diphenylamine	N-Phenylbenzenamine	0.05	org. odr.	3
N-Methylaniline		0.3	org. odr.	2
N-Ethyl-o-toluidine	N-Ethyl-2-methyl-aniline	0.3	org. odr.	3
N-Ethylmetatoluidine	3-Methyl-N-ethylaniline	0.6	s.-t.	2
N-Ethylaniline	N-Ethylben-zenamine	1.5	org. odr.	3
4.1.2.2.2.1. Containing hydroxy, oxy, oxo and carboxygroups				
4-Amino-2-(2-hydroxyethyl)-N-ethylaniline sulphite		0.2	org. odr.	3
n-Acetaminophenol	Acetic acid, (4-hydroxy-phenyl)-amide; paracetamol; 4-acetamido-phenol	1.0	org. flavr.	3
N-Acetyl-2-aminophenol		2.5	org. clr.	4
4.1.2.2.2.2. Oxymes				
Cyanbenzaldehyde oxyme, sodium salt		0.03	org. odr.	4
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
n-Quinone-dioxyne	2,5-Cyclohexanediene-1,4-dione dioxyne	0.1	s.-t.	3
Cyclohexane-oxyne		1.0	s.-t.	2
4.1.2.2.3. Acid amides				
3-Chlor-2,4- dimethyl-valerateaniline	2-Methyl methylpen- acid, 4-methyl-3-chlor- anilide; solan	2- 0.1	org. odr.	4
Anilide of salicylic acid		2.5	org. odr.	3
4.1.2.2.4. Urea derivatives with one aromatic substitute				
m-Trifluoromethyl-phenylurea	1-(3- Trifluoromethylphenyl) urea	0.03	org. flavr.	4
4-Chlor-2-butynyl-N-(3-chlorophenyl)-carbamate	4-Chlorphenylcarbamic acid, 4-chlorobut-2-ynic ether, carbine	0.03	org. odr.	4
3-Methylphenyl-N-methylcarbamate	Methylcarbamic acid, methylphenyl ether; dicresyl	0.1	org. odr.	3
Isopropylphenylcarbamate	Phenyl- carbamic acid, isopropyl ether	0.2	org. odr.	4
Isopropylchlorophenyl carbamate	3-chloro- phenyl carbamic acid, isopropyl ether	1.0	org. odr.	4
Oxyphenylmethylurea	1-Hydroxy-3-methyl-1-phenyl urea; meturine	1.0	s.-t.	3
3-Methoxycarbamidophenyl-N- phenylcarbamate	3-tolylcarbamic acid, 3-(N-methoxycarbonylamino)phenyl ether; Phenmedipham	2.0	s.-t.	3
4.1.2.2.3. Containing polynuclear aromatic substitutes				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
1-Chlor-4-benzoilaminoanthraquinone		2.5	s.-t.	3
4.1.2.2.3.1. Urea derivatives with condensated aromatic substitute				
1-Naphthyl-N-methylcarbamate	Methylcarbamic acid, naphth-1-yl ether; sevin	0.1	org. odr.	4
4.1.3. Tertiary				
4.1.3.1. Containing only aliphatic substitutes				
Triallylamine		0.01	s.-t.	2
1-Butylbiguanidine hydrochloride	Glybutide	0.01 <1>	s.-t.	2
Triisooctylamine	N,N-Diisooctyl isoocta-amine	0.025	s.-t.	2
Trimethylamine		0.05	org. odr.	4
Trialkylamine C7 - C9		0.1	s.-t.	3
Alkyldimethylamine		0.2	s.-t.	3
N,N'-Diethylguanidine, muriatic	1,2-Diethyl guanidine monohydro-chloride	0.8	s.-t.	3
Tributylamine		0.9	org. odr.	3
Triethylamine		2.0	s.-t.	2
4.1.3.1.1. Nitriles				
Malononitrile	Propanedi-nitrile, dicyano methane	0.02	s.-t.	2
Acetonecyanohydrin	2-hydroxy-methylpropanonitrile, nitrile of hydroxy-isobutyric acid	0.035	s.-t.	2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Alkylaminopropionitrile C17 - C20		0,05	org. foam	4
Dinitrile of adipic acid		0.1	s.-t.	2
Allyl cyanide	But-3-enic acid, nitrile	0.1	s.-t.	2
Isocrotononitrile	2-Methyl-2-propen-nitrile	0.1	s.-t.	2
Crotonitrile	But-2-enic acid, nitrile	0.1	s.-t.	2
Succinonitrile	Butanedinitrile	0.2	s.-t.	2
Acetonitrile	Acetic acid, nitrile	0.7	org. odr.	3
Calcium cyanamide	Carbamic acid nitrile, compound with calcium	1.0	s.-t.	3
Acrylic acid nitrile		2.0	s.-t.	2
Dicyandiamide	Cyanoguanidine	10.0	org. flavr.	4
4.1.3.1.2. Containing hydroxy, oxy, oxo and carboxygroups				
Triisopropanolamine	Tripropyl-amine	0.5	s.-t.	2
Triethanolamine		1.0	org. flavr.	4
Ethyl ether of N-benzoyl-N-(3,4-dichlorophenyl)-2-aminopropionic acid	Ethyl-N-benzoyl-N-(3,4-dichlorophenyl)alaninate, suffix	1.0	s.-t.	2
Methyldiethanolamine	Bis(2-hydroxyethyl)methylamine, 2,2-(M-methylamino) diethanol	1.0	s.-t.	2
4.1.3.1.3. Amides				
Dimethylacetoamide		0.4	s.-t.	2
Diethylamide 2-(alpha naphthoxy) propionic acid	N,N-Diethyl-2-(1-naphthalenyloxy)propanamide	1.0	s.-t.	2
4.1.3.1.4. Urea derivatives with several aliphatic substitutes				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
N,N-Dimethylurea	1,3-Dimethyl urea	1.0	s.-t.	2
N,N-Diethyl carbamylchloride		6.0	s.-t.	2
4.1.3.2. Containing closed chain substitutes				
4.1.3.2.1. Urea derivatives with alicyclic substitutes				
3-(Hexahydro-4,7-methanindan-5-yl)-1,1-dimethylurea	Herban	2.0	s.-t.	2
4.1.3.2.2. Containing aromatic substitutes				
N,N-Dimethyl-n phenylendiamin-sulphate	CPV, amonodiethylanilinsul-phate	1,4- 0.1	s.-t.	2
N,N-Diethylaniline	N,N-Diethylbenzenamine	0.15	org. clr.	3
Alkylbenzyl dimethyl ammonium chloride C10-C16		0.3	org. foam	3
Alkylbenzyl dimethyl ammonium chloride C17-C20		0.5	org. foam	3
N-(C7 - C9)Alkyl-N-phenyl-n-phenylendiamine	C-789 product	0.9 <1>	org. clr.	3
Ethylbenzylaniline	N-Phenyl-N-ethylbenzenamine	4.0	s.-t.	2
4.1.3.2.2.1. Nitriles, isonitriles				
Benzyl cyanide	Isocyanomethylbenzene	0.03	org. odr.	4
Dinitrile of isophthalic acid	1,3-Benzene-dicarbonit-rile, iso-phthalonit-rile, 1,3-di cyanobenzene	5.0	s.-t.	3
4.1.3.2.2.2. Amides				
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
4.1.3.2.2.3. Urea derivatives with one or several aromatic substitutes				
Diphenylurea	N,N-Diphenyl urea, carbanilide	0.2	org. odr.	4
N-Trifluoromethylphenyl-N',N'-dimethylurea	1,1-Dimethyl 3-(3-trifluoromethylphenyl)urea, cotoran	0.3	org. film	4
Diethylphenylurea	Centralite	0.5	org. flavr.	4
N'-(3,4-Dichlorophenyl)-N,N-dimethylurea	1,1-Dimethyl 3-(3,4-dichlorophenyl) urea, diuron	1.0	org. odr.	4
4.1.4. Quaternary ammonium salts				
Nitrate of methyltri-alkyl ammonium		0.01	s.-t.	2
Alkyltrimethylammonium chloride		0.2	s.-t.	2
Chlorcholine chloride	N,N,N-Trime-thyl-N-(2-chloroethyl) ammonium chloride	0.2	s.-t.	2
4.2. Oxygen and nitrogen containing compounds				
4.2.1. Nitro- and nitroso compounds				
4.2.1.1. Aliphatic				
Nitromethane		0.005	org. odr.	4
Trinitromethane	Nitroform	0.01	org. clr.	3
Tetranitromethane		0.5	org. odr.	4
Nitropropane		1.0	s.-t.	3
Nitroethane		1.0	s.-t.	2
4.2.1.1.1. Containinghydroxy, oxyoxo and carboxygroups				
Dinitrodiethyleneglycol	Dihydro- xyethyl et- her dinit- rate, diethy lenglycol dinit- rate	1.0	s.-t.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Dinitrotriethyleneglycol		1.0	s.-t.	3
4.2.2. Closed-chain				
4.2.2.1. Alicyclic				
Chloronitrosocyclohexane	1-Nitroso-1-chlorocyclohexane	0.005	org. odr.	4
Nitrocyclohexane		0.1	s.-t.	2
4.2.1.2.2. Aromatic				
4.2.1.2.2.1. Mononucleate				
Nitrobenzene		0.2	s.-t.	3
Trinitrobenzene		0.4	s.-t.	2
Dinitrobenzene		0.5	org. odr.	4
2,4-Dinitrotoluene		0.5	s.-t.	2
4.2.1.2.2.1.1. Halogen substituted				
n-Trifluoromethylnitrobenzene	1-Nitro-3-trifluoromethylbenzene	0.01	org. odr.	3
Nitrochlorobenzene	Nitrochlorobenzene (mix of 2,3, 4 isomers)	0.05	s.-t.	3
Nitroisophenol		0.1	org. clr.	3
2,5-Dichloronitrobenzene	1,4-Dichloro-2-nitrobenzene	0.1	s.-t.	2
3,4-Dichloronitrobenzene	4-Nitro-1,2-dichlorobenzene	0.1	s.-t.	3
Dinitrochlorobenzene	2,4-Dinitro-1-benzene chloride	0.5	org. odr.	3
4.2.1.2.2.1.2. Containing hydroxy, oxy, oxo and carboxygroups				
n-Nitrophenetol	4-Nitroethoxybenzene	0.002	s.-t.	2
n-Nitrophenetol	4-Nitrophenol	0.02 0.02	s.-t. s.-t.	2 2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
2-sec-Butyl-4,6-dinitrophenyl-3,3-dimethylacrylate	2-(1-Methyl-propyl)-4,6-dinitrophenyl-3-methyl-2-butenolate, morocide, acricide, endosane, 2-sec-butyl-4,6-dinitrophenyl-3-methyl-crotonate	0.03	s.-t.	2
2,4-Dinitrophenol		0.03	s.-t.	3
2-Methyl-4,6-dinitrophenol		0.05	s.-t.	2
m-Nitrophenetol	3-Nitro-phenol	0.06	s.-t.	2
o-Nitrophenetol	2-Nitro-phenol	0.06	s.-t.	2
n-Nitroanisole	4-Nitromethoxybenzene	0.1	org. flavr.	3
2-(1-Methyl-propyl)-4,6-dinitrophenol	Dinoseb	0.1	org. clr.	4
m-Nitrobenzoic acid	3-Nitro-benzoic acid	0.1	org. clr.	4
n-Nitrobenzoic acid	4-Nitro-benzoic acid	0.1	s.-t.	3
Methylethyl-[2-(1-ethylmethylpropyl)-4,6-dinitrophenyl]carbonate	2-sec-butyl-4,6-dinitrophenylic acid, isopropyl ether; dinobutone; citazole; acrex	0.2	org. Film	4
o-Nitroanisole	2-Nitroanisole	0.3	org. flavr.	3
2,4,6-Trinitrophenol	Picronitric acid	0.5	org. clr.	3
2-[(n-Nitrophenyl)acetylamino]ethan-1-ol	Oxyacetyl-amine	1.0	org. odr.	4
4.2.1.2.2.1.2.1. Halogen substituted				
n-Nitrophenylchlorometicarbinol	4-Nitro-alpha-chloromethyl benzenmethanol; [1-(4-nitrophenyl)]-2-chlorethan-1-ol	0.2	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3-Nitro-4-chlorobenzoic acid		0.25	org. flavr.	3
5-Nitro-2-chlorobenzoic acid		0.3	org. flavr.	4
2,5-Dichlor-3-nitrobenzoic acid		2.0	s.-t.	2
2,4-Dichlorophenyl-4-nitrophenylic ether	2,4-Dichlor-1-(4-nitro-phenoxy)benzene, nitro-chlor, Tokkorn	4.0	s.-t.	2
4.2.1.2.2.1.3. Containing amino-, imino- and diazogroups				
4-Nitro-N,N-diethylaniline		0.002	org. clr.	3
2-Nitroaniline	o-Nitroaniline	0.01	org. clr.	3
N-Nitroisodiphenylamine	Diphenyl-nitrosamine	0.01	s.-t.	2
2,4-Dinitro-2,4-diazopentane	N,N'-Dime-thyl-N,N-dinitromethandiamine	0.02	s.-t.	2
4-Nitroaniline	n-Nitroaniline, 4-nitrobenzen-amine	0.05	s.-t.	3
Dinitroaniline	Dinitrobenzenamine	0.05	org. clr.	4
3-Nitroaniline	3-Nitrobenzenamine, m-nitroaniline	0.15	org. clr.	3
Indotoluidine	N-(4-Amino-3-methylphenyl)-n-benzoquinon-imine	1.0	s.-t.	2
4.2.1.2.2.1.3.1. Halogen substituted				
4-Chloro-2-nitroaniline	4-Chloro-2-nitrobenzen-amine	0.025	org. clr.	3
2,6-Dichloro-4-nitroaniline	2,6-Dichloro-4-nitrobenzenamine, dichlorane, botran	0.1	org.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3,5-Dinitro-4-diethylaminobenzotrifluoride	Nitrofor	1.0	org. odr.	4
3,5-Dinitro-4-dipropylaminobenzotrifluoride	2,6-Dinitro-N,N-dipropyl-4-trifluoromethyl-aniline, Treflan	1.0	org. odr.	4
4.2.1.2.2.1.3.2. Containing hydroxy, oxy, oxo and carboxygroups				
2,4,4-Trinitrobenzanilide	2,4,6-Trinitrobenzoic acid, anilide	0.02	s.-t.	2
n-Nitrophenylaminoethanol	2-[(4-nitrophenyl)amino]ethanol, oxyamine	0.5	org. odr.	4
4.2.1.2.2.2. Aromatic condensated				
Dinitronaphthalene		1.0	org. clr.	4
1-Nitroanthraquinone-2-carboxylic acid	9,10-dihydro-1-nitro-9,10-dioxo-2-anthracene acid	2.5	s.-t.	3
4.2.2. Ethers and salts of nitric and nitrous acids				
Butylnitrite	Nitrous acid, butyl ether	0.05	org. odr.	4
1-Nitroguanidine		0.1	s.-t.	2
5. Sulphur-containing compounds				
5.1. Thiocompounds				
5.1.1. Containing C-S-H group				
Methylmercaptan		0.0002	org. odr.	4
Allylmercaptan		0.0002	org. odr.	3
beta-Mercaptodiethylamine	2-(N,N-Diethylamino)-ethanethiol	0.1	org. odr.	4
5.1.2. Containing C-S-C group				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Dimethyl sulphide		0.01	org. odr.	4
3-Methyl-4-methylthiophenol	Methylthiome thyphenol, 3-methyl-4-thioanisole	0.01	org. flavr.	4
2-Methylthio-O-methylcarbomol-butanoxy-3	3-Methylthio 2-butanol-0-(methylaminocarbonyl) oxyme, Dravine 755	0.1	org. odr.	3
4-Chlorophenyl-2,4,5-trichlorophenyl-sulphide	1,2,4-Tri-chloro-5-[4-(chloro-phenyl)thio]benzen-tetrazole, animert	0.2	org. film	4
Divinylsulphide	Vinylsul-phide, 1,1-thio-bisethene	0.5	org. odr.	3
5.1.3. Containing C-S-S-C group				
Dimethyldisulphide		0.04	org. odr.	3
5.1.4. Containing C=S group				
Carbon disulphide		1.0	org. odr.	4
5.1.4.1. Thiourea derivatives				
S-Propyl-N-ethyl-N-butylthiocarbamate	Butyl (ethyl)thio carbamic acid, S-propylic ether; tillam	0.01	org. odr.	3
Thiourea	Thiocarbamide, diamide of thiocarba mic acid	0.03	s.-t.	2
S-(2,3-Dichlorallyl)-N,N-diisopropylthiocarbamate	Diisopropyl-thiocarbamic acid, S-(2,3-dichloroprop-2-enylic) ether; avadex	0.03	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
S-Ethyl-N,N'-dipropylthiocarbamate	Dipropylthiocarbamic acid, S-ethyl ether; eptam	0.1	org. odr.	3
Amidine-thio acetic acid	Carboxymethylisothiourea	0.4	s.-t.	2
1,2-Bis-methoxycarbonyl thioureidobenzene	1,2-phenylene-bis(imino-(carbonothioyl)biscarbamic acid, diethyl ether; topsin; nemafax; thiophanate	0.5	org. flavr.	3
5.1.4.2. Dithiocarbarnic acid derivatives				
Tetraethyl thiuram disulphide	N,N,N',N'-Tetraethyl thiuram disulphide, thiuram E	None	org. odr.	3
N-methyldithiocarbamic acid, N-methylamine salt		0.02	org. odr.	3
Sodium methyldithiocarbamate	Methyldithiocarbamic acid, sodium salt; carbathion	0.02	org. odr.	3
Ammonium ethylenbis-thiocarbamate	1,2-ethylenbis-thiocarbamic acid, diammonium salt	0.04	org. odr.	3
S-Ethyl-N-ethyl-N-cyclohexylthiocarbamate	Ronite, cycloate	0.2	s.-t.	3
Zink ethylenbisdithiocarbamate	N,N'-ethylenbisdithiocarbamic acid, zink salt; zineb	0.3	org. MyTH.	3
Ammonium dimethyldithiocarbamate	Dimethyldithiocarbamic acid, ammonium salt	0.5	s.-t.	3
Tetramethyl-thiuram disulphide	Tetramethyl-thiuram disulphide, thiuram D	1.0	s.-t.	2
5.1.4.3. Xanthogenates				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Butylxanthogenate	Thiolthio-carbonic acid, butyl ether	0.001	org. odr.	4
Isoamylxanthogenate	Thiolthio-carbonic acid, isoamyl ether; iso-pentylxanthogenate	0.005	org. odr.	4
Isopropylxanthogenate, salt	Thiolthio-carbonic acid, isopropyl ether; salt	0.05	org. odr.	4
Ethylxanthogenate, salt	Thiolthio-carbonic acid, ethyl ether, salt	0.1	org. odr.	4
5.1.5. Containing C -N = S group				
5.1.6. Sulphonium salts				
(4-Hydroxy-2-methylphenyl) dimethylsulphonium chloride		0.007	org. odr.	4
5.2. Compounds containing oxygen sulphur directly bonded with				
5.2.1. Sulphoxydes				
5.2.2. Sulphones				
N-n-Butyl-N-(nmethylbenzensulphonyl)urea	1-Butyl-1-(n-tolylsulphonyl)-urea, butamide	0.001 <1>	s.-t.	1
N-Propyl-N'-(n-chlorobenzensulphonyl)urea	3-Propyl-1-[(n-chlorosulphonyl)urea, chloropro-pamide	0.001 <1>	s.-t.	1
4,4'- Dichlordiphenylsulphone	1,1'-Sulpho-nyl-bis(4-chloro-benzene), di-4-chloro-phenylsulphone, bis(n chloro-phenyl) sulphone	0.4	s.-t.	2
4,4'- Diaminodiphenylsulphone	4,4'-Sulpho-nyldianiline	1.0	s.-t.	2
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
5.2.3. Sulphinic acids and their derivative compounds				
n-Toluenesulphonic acid, salt	4-methyl-benzensulphonic acid, salt	1.0	s.-t.	2
5.2.4. Sulphonic acids and their derivative compounds				
5.2.4.1. Aliphatic sulphonic acids and their salts				
Methyltrialkylammonium methyl sulphate		0.01	s.-t.	3
Olefin sulphonate C15 - C18		0.2	s.-t.	2
olefin sulphonate C12 - C14		0.4	org. foam	4
N-methylsulphaminic acid		0.4	s.-t.	2
Alkylsulphonates		0.5	org. clr.	4
5.2.4.2. Aromatic				
5.2.4.2.1. Mononucleate				
5.2.4.2.1.1. Sulphoni substitutes except foc acids and t r alkyl heir salts containing no				
Alkylbenzene-sulphonates	Sulphonol chlorine	0.5	org. foam	4
5.2.4.2.1.1.1. Containing substitutes in the chemical group				
1,4-Bis(4-methyl-2-sulphophenylamino)-5,8-dihydro-xyanthraquinone, disodium salt	2Zh chromic green anthraqui-nonic colo-ring agent	0.01	org. clr.	4
4-nitroanilin-2-sulphonic acid, salt	4-Nitroani-line-2-sulphonic acid salt	0.08	org. clr.	4
Aminobenzen-3-sulphonic acid	Metalline acid, anilin-m- sulphonic acid	0.7	org. clr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
3-Nitroanilin-4-sulphonic acid	4-Amino-2-nitrobenzen-sulphonic acid, 3-nitrosulphanilic acid	0.9	org. clr.	4
Sodium n-chlorobenzen sulpho-nate	4-Chloroben-zensulp-honic acid, sodium salt; Ludigol	2.0	s.-t.	2
5.2.4.2.1.2. Aromatic sulphonic acids ethers				
5.2.4.2.1.3. Acid halides of aromatic sulphonic acids				
Benzenesulphochloride	Benzenesul-phonic chloride	0.5	org. odr.	4
5.2.4.2.1.4. Amides				
n-Butylamide of benzenesulphonic acid	Benzenesulphonic acid, n-butyl-amide; N-butylbenzen-sulphamide	0.03	s.-t.	2
Benzensulphamide	Benzensul-phonic acid, amide	6.0	s.-t.	3
5.2.4.2.2. Condensated polynuclear				
Bis(n-butyl-anilin) anthraquinone-3,3-disulphonic disodium salt	H ₂ C acidic anthraquino-nic green coloring agent	0.04	org. clr.	4
1,8-diaminonaphthalen-4-sulphonic acid	C-acid	1.0	org. odr.	3
2-Naphthol-6-sulphonic acid	6-Hydroxy-2-naphthalen sulphonic acid, beta-naphtholsulphonic acid, Schaffer salt;	4.0	s.-t.	3
5.3. Ethers and salts of sulphuric and sulphurous acids				
4-Chlorophenyl-4-chlorobenzen-sulpho-nate	Sulphonate ether	0.2	org. flavr.	4
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
2-Aminoethyl ether of sulphuric acid	2-amino-ethyl sulphuric acid	0.2	s.-t.	
n-Methylaminophenol sulphate	Metol	0.3	org. clr.	3
Alkylsulphates		0.5	org. foam	4
Triethanolamine alkylbenzene sulphate		1.0	org. foam	3
6. Phosphorus compounds				
6.1. Containing C - P bond				
6.1.1. Phosphines and phosphonium salts				
Tris(diethylamino) -2-chlorethyl- phosphine	Dephos	2.0	org. odr.	3
1,8-diaminonaphthalen-4-sulphonic acid	C-acid	1.0	org. odr.	3
2-Naphthol-6-sulphonic acid	6-Hydroxy-2-naphthalen sulphonic acid, beta-naphtholsulphonic acid, Schaffer salt;	4.0	s.-t.	3
5.3. Ethers and salts of sulphuric and sulphurous acids				
4-Chlorophenyl-4-chlorobenzen- sulphate	Sulphonate ether	0.2	org. flavr.	4
2-Aminoethyl ether of sulphuric acid	2-amino-ethyl sulphuric acid	0.2	s.-t.	
n-Methylaminophenol sulphate	Metol	0.3	org. clr.	3
Alkylsulphates		0.5	org. foam	4
Triethanolamine alkylbenzene sulphate		1.0	org. foam	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
6. Phosphorus compounds				
6.1. Containing C - P bond				
6.1.1. Phosphines and phosphonium salts				
Tris(diethylamino) -2-chlorethyl-phosphine	Dephos	2.0	org. odr.	3
6.1.2. Tertiary phosphines oxydes				
Triisopentylphosphine oxyde	Tris(3-me-thylbutyl)-phosphoric acid	0.3	s.-t.	2
Dioctylisopentyl-phosphine oxyde	(3-Methylbutyl)dioctyl-phosphine oxyde	1.0	s.-t.	3
6.1.3. Phosphonates				
2-Chlorethylphosphonic acid, bis(2-chlorethyl) ether	Diether of 2-chlorethyl phosphonic acid	0.2	s.-t.	2
Vinylphosphonic acid, bis(beta,beta-XJIOpSTM.JIOBblM) ether	0,0-Bis(2-chloroethyl) vinylphos-phonate, Vinifos	0.2 <1>	s.-t.	2
0,0-Diphenyl-1-hydroxy-2,2,2-trichlorethyl-phosphonate		0.3	org. foam	3
0-(2-Chlor-4-methylphenyl) N'-isopropylamido-chloromethylthio-phosphonate	(4-Methyl-2-chloro-) phenyl N-sec- butylamido-chloromethyl thiophos-phona-te, Izofos-3	0.4	org. odr.	4
Oxyhexyliden-diphosphonate		0.5	s.-t.	3
Oxyheptyliden-diphosphonate		0.5	s.-t.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Oxynonyliden-diphosphonate		0.5	s.-t.	3
Oxyoctyliden-diphosphonate		0.5	s.-t.	3
Oxyethylidendi-phosphonic acid	Hydroxy -ethane-1,1-diphosphonic acid	0.6	org. flavr.	4
2-Chlorethylphosphonic acid, 2-chlorethyl ether	Monoether of 2-Chlorethyl phosphonic acid	1.5	s.-t.	3
2-Chlorethylphosphonic acid	Ethrel, Ethephon, Florel	4.0	s.-t.	2
2-Hydroxy-1,3-propylendiamine-N,N,N',N'-tetramethylenphosphonic acid sodium salt	DPF-1N	4.0	org. flavr.	4
6.2. Phosphoric and phosphorous acids derivatives				
6.2.1. Phosphites				
Trimethylphosphite		0.005	org. odr.	4
Triphenylphosphite	0,0,0-Triphenyl-phosphite	0.01	s.-t.	2
Trimethylphosphite		0.02	org. odr.	3
6.2.3. Phosphoric acid amides				
6.2.2. Phosphates				
0,0,0-Tricresyl phosphate	Tricresyl-phosphate	0.005	s.-t.	2
0,0,0-Tributylphosphate	Tributyl-phosphate	0.01	org. flavr.	4
0,0,0-Trixylenylphosphate	Trixylenyl-phosphate	0.05	org. odr.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
0,O-Dimethyl-0-[3-(carb-1-phenylethoxy)propen-2-yl-2-phosphate	3-dimethoxy-phosphoryl-oxy-crotonic acid, 1-phenyl-ethyl ether; Ciodrin	0.05	s.-t.	2
0,O-Dimethyl-0-[1-(2,3,4,5-tetrachlorophenyl)-2-chlorovinyl phosphate	Vinyl-phosphate	0.2	org. flavr.	3
0,0,0-Trimethylphosphate	Trimethyl-phosphate	0.3	org. odr.	4
6.2.2.1. Halogen substituted				
0,0-Dimethyl-(1-hydroxy-2,2,2-trichlorethyl) phosphate	Chlorophos	0.05	org. odr.	4
0,O-Dimethyl-0-(2,2-dichlorovinyl)-phosphate	0-(2,2-Di-chlorovinyl) 0,0-di-methyl-phosphate, DDVF, dichlorvos	1.0	org. odr.	3
Dichloropropyl (2-ethylhexyl)phosphate		6.0	org.	4
6.2.2.2. Thiophosphates				
S,S,S-Tributyltrithiophosphate	Butyvos	0.0003	org. flavr.	4
O-Cresyldithiophosphate	Cresylic dithio-phosphate	0.001	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-S-ethylmercaptoethyl-dithiophosphate	0,0-Dimethyl S-(2-ethyl-thioethyl) dithio-phosphate, M-81	0.001	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
0,0-Dimethyl-O-(3-methyl-4-methylthiophenyl)-thiophosphate	Thiophosphoric acid, 0,0-dimethyl-O-(3-methyl-4-methylthio)phenyl ether; Sulphidovos; Baytex	0.001	org. odr.	4
0-(4-Methylthiophenyl)-O-ethyl-S-propyldithiophosphate	Bolstar, Gelotion, Sulprofos	0.003	org. odr.	4
Bis(2-ethylhexyl)-dithiophosphoric acid	Dithiophosphoric acid, 0,0-bis(2-ethylhexyl) ether	0.02	s.-t.	2
0,0-Diethyl-S-carbethoxymethylthiophosphate	Acetophos	0.03	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-S-carbethoxymethylthiophosphate	(dimethoxy-(thiophosphorylthio)acetic acid, ethyl ether; Methylacetophos	0.03	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-S-(1,2-dicarbethoxyethyl)dithiophosphate	2-(dimethoxythiophosphorylthio)butandionic acid, diethyl ether; Karbofos	0.05	org. odr.	4
0,0-Diethyl-S-benzylthiophosphate	S-Benzyl-0, 0-diethylthio phosphate, Ricidin	0,05	s.-t.	2
0-Phenyl-ethylthiophosphoric acid, salt		0.1	org. odr.	4
Dibutyldithiophosphates	Dithiophosphoric acid, 0,0-di-butyl ether, salt	0.1	s.-t.	2
Dibutylmonothio-phosphate		0.1	org. odr.	3
Dimethyldithiophosphoric acid	0,O-dimethyl dithiophosphoric acid	0.1	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Diethyldithio-phosphoric acid	0,0'-Diethyl dithio-phosphoric acid	0.2	org. odr.	4
Diethyldithiophosphate	Diethyl-dithiophosphoric acid, salt	0.5	org. odr.	3
6.2.2.2.1. Halogen substituted				
O-Methyl-0-ethylchlorthiophosphate	Diether	0.002	org. odr.	4
O-Phenyl-0-ethylchlorthiophosphate		0.005	org. odr.	3
0-(4-Brom-2,5-dichlorophenyl)-0,0-dimethylthiophosphate	Bromophos	0.01	org. odr.	4
Monomethyldichlorthiophosphate	O-Methyldichlorthiophosphate	0.01	s.-t.	2
Monoethyldichlorthiophosphate	O-Ethyldichlorthiophosphate	0.02	org. odr.	4
0-(2,4-Dichlorophenyl)-S-propyl-0-ethylthiophosphate	Etaphos, Protiofos, Tokution, Bideron	0.05	org. odr.	3
Diethylchlorthiophosphate	0,0-Diethyl-chlorthiophosphate	0.05	org. odr.	4
Dimethylchlorthiophosphate	0,0-Di-methyl-chlorthio-phosphate	0.07	org. odr.	3
O-Methyl-0-(2,4,5-trichlorophenyl)-0-ethylthiophosphate	Trichlormeta phos-3	0.4	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-0-(2,5-dichlor-4-iodophenyl) thiophosphate	Iodofenfos	1.0	org. odr.	3
6.2.2.2.2. Nitrogen containing compounds				
0,0-Diethyl-O-(4-nitrophenyl) thiophosphate	0-(4-Nitro-phenyl)-0,0-diethylthiophosphate, Thiophos	0.003	org. odr.	4
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
0,0-Dimethyl-S-(N-methyl-N-formylcarbamoylmethyl)-dithiophosphate	0,0-Dimethyl S-(N-methyl-N-formylaminomethyl)-dithiophosphate, Antio	0.004	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-O-(4-nitrophenyl)phosphate	Metaphos	0.02	org. odr.	4
Butylamide of O-ethyl S-phenyldithiophosphoric acid	O-Ethyl-S-phenyl-N-butylamido-dithiophosphate, Fosbutyl	0.03	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-S-(N-methylcarbamidomethyl)-dithiophosphate	0,0-Dimethyl S-(2-(N-methylamino)-2-oxoethyl) dithiophosphate, phosphamide, Rogor	0.03	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-O-(4-cyanophenyl)thiophosphate	Cyanox	0.05	org. odr.	4
0,0-Dimethyl-O-(3-methyl-4-nitrophenyl)thiophosphate	Methylnitro-phos	0.25	org. odr.	3
0,0-Dimethyl-S-2-(1-N-methylcarbamoyl-ethylmercapto)ethylthiophosphate	Kilval, vamidothion	0.3	org. odr.	4
N-(beta,beta-0,0-Diisopropyldithiophosphorylethyl)benzensulphonamide	0,0-Diisopropyl-S-2-phenylsulphonylamino-ethylthiophosphate, Prefar, Bensulide, Betasan	1.0	s.-t.	2
6.2.4. Salts of phosphoric acid and organic bases				
1,2,4-Triaminobenzene phosphate		0.01	org. flavr.	3
n-aminobenzoic acid phosphate		0.1	org. odr.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
7. Heterocyclic compounds				
7.1. Oxygen containing compounds				
7.1.1. Containing a three-partite cycle				
Propylene oxyde	1,2-Epoxy- propane, Methoxyrane	0.01	s.-t.	2
Epichlorhydrin	1-Chlor-2,3 epoxyp propane	0.01	s.-t.	2
7.1.2. Containing a pentatomic cycle				
Dichloromaleinic anhydride	Dichloro-butan-dionic anhydride	0.1	s.-t.	2
Furfurane		0.2	s.-t.	2
2-Methylfuran	Silvan	0.5	org. odr.	4
Furfuryl alcohol	Fur-2-ylme- thanol, 2-hydroxyme- thylfura- ne, 2-furan- methanol	0.6 <1>	s.-t.	2
Furfurol	2-Furaldehi- de	1.0	org. op.	4
5-Nitrofurfurol- diacetate	(5-Nitro-2-furanyl) methanediol diacetate	2.0 <1>	s.-t.	2
7.1.3. Containing a hexatomic cycle				
5,6-Dihydro-4-methyl- 2H-pyran	Methyldihyd- ropyran	0.0001	s.-t.	1
4-Methyl-4- hydroxytetrahydro- pyran	4-Methyltet- rahydro- 4- ol-2H- pyran, pyra- nic alcohol	0.001	s.-t.	2
Dimethyldioxane	5,5-Dimethyl 1,3- dioxane	0.005	s.-t.	2
4-Methyl-4- hydroxyethyl-1,3- dioxane	4-Methyl-4-ethanol- 1,3-dioxane, dioxanic alcohol	0.04	s.-t.	2
7.1.4. Multinucleate				
Chlorendic anhydride	Perchlor- born-5-ene- 2,3-di- carbonic acid, anhydride	1.0	org. odr.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
7.2. Nitrogen containing compounds				
7.2.1. Pentatomic cycle with one nitrogen atom				
Cyclohexylide of dichloromaleinic acid	Cimid	0.04	org. odr.	4
7.2.2. Hexatomic aliphatic cycle with one nitrogen atom				
Piperidine		0.06	s.-t.	3
4-Amino-2,2,6,6-tetramethylpiperidine	Triacetanamine amine	4.0	s.-t.	2
Triacetanamine	2,2,6,6-Tetramethylpiperidine-4-one	4.0	s.-t.	2
7.2.3. Hexatomic aliphatic cycle with one nitrogen atom				
N-Methylpyridinium chloride	1-Methylpyridinium chloride	0.01	org. odr.	4
Heptachloropicoline	2-Trichloromethyl-3,4,5,6-tetrachloropyridine	0.02	s.-t.	2
Hexachloropicoline	2-Trichloromethyl-3,4,5-trichloropyridine	0.02	s.-t.	2
Hexachloramino-picoline	4-Amino-2-trichloromethyl-3,5,6-trichloropyridine	0.02	s.-t.	2
Pantachloramino-picoline	4-Amino-2-trichloromethyl-3,5,6-dichloropyridine	0.02	s.-t.	2
Pentachloropicoline	2-Trichloromethyldichloropyridine	0.02	s.-t.	2
Tetrachloropicoline	1-Chlor-6-(trichloromethyl) pyridine	0.02	s.-t.	3
2,5-Lutidine	2,5-Dimethyl pyridine	0.05	s.-t.	2
alpha-Picoline	2-Methyl-pyridine	0.05	s.-t.	2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Pyridine		0.2	s.-t.	2
4-Amino-3,5,6-trichlorpicolinic acid	4-Amino-3,5,6-trichlor-2-pyridinecarboxylic acid, picloram, Tordon	10.0	s.-t.	3
Potassium 4-amino-3,5,6-trichlor-picolinate	4-Amino-3,5,6-trichlor-2-pyridinecarboxylic acid, potassium salt; Hloramp	10.0	s.-t.	2
7.2.4. Multinucleate compounds with one nitrogen atom				
5-Acetoxy-1,2-dimethyl-3-carbethoxyindole	Acetoxy-indole	0.004 <1>	s.-t.	2
6-Brom-5-hydroxy-3-carbethoxy-1-methyl-2-phenylthio-methylindole	Thioindole	0.004 <1>	s.-t.	2
2-Chlorcyclohexylthio-M-phthalimide	Phthalic acid, N-(2-chlorcyclohexylimide)	0.02	org. odr.	4
N-Trichloromethylthiophthalimide	Phthalan	0.04	org. odr.	4
6-Brom-5-hydroxy-4-dimethylamino-carbethoxy-1-methyl-2-phenylthiomethylindole hydrochloride	Arbidol	0.04 <1>	s.-t.	3
0,0-Dimethyl-S-phthalimidomethyl-dithiophosphate	Phthalophos	0.2	org. flavr.	3
Trichlormethylthio-tetrahydrophthalimide	Captan	2.0	org. odr.	4
7.2.5. Pentatomic cycle with several nitrogen atoms				
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
1,3-Dichloro-5,5-dimethyl hydantoin	5,5-Dimethyl 1,3-dichlor-imidazolidin-2,4-dione, dichlorantine	None	s.-t.	3
1-(2-Hydroxypropyl)-1-methyl-2-pentadecyl-2-imidazolium methyl sulphate	Carbosoline, SPD-3	0.2	s.-t.	2
1-Phenyl-3-pyrazolidone	Phenidone	0.5	org. clr.	3
5,5-Dimethylhydantoin		1.0	org. flavr.	3
7.2.6. Pentatomic cycle with two nitrogen atoms				
Sulphapyridazine	6-(n-Amino-benzensul-phamido)-3-methoxypyridazine; sul-sulphanilic acid, N-(6-methoxypyridazin-3-yl)amide	0.2 <1>	s.-t.	2
0,0-Diethyl-O-(2-isopropyl-4-methylpyrimedyl-6-thiophosphate	0-(2-Isopropyl-6-methyl pyrimidin-4-yl)-0,0-diethylthiophosphate, Bazudin	0.03	org. odr.	4
N-(2-Aminoethyl)piperazine	1-(2-Aminoethyl) piperazine	0.6	s.-t.	
1-Phenyl-4,5-dichlorpyridazone-6		2.0	s.-t.	3
1-Phenyl-4-amino-5-chlorpyridazone-6	5-Amino-2-phenyl-4-chlorpyridazin-3(2H)-one, Phenazone	2.0	s.-t.	2
4-Amino-6-chlorpyrimidine	6-Chlor-4-pyrimidinamine	3.0 <1>	org. clr.	3
4-Amino-6-methoxypyrimidine		5.0 <1>	org. clr.	3
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Oxyethylpiperazine		6.0	s.-t.	2
Diethylendiamine	Hexahydro- pyrazine, piperazine	9.0	org. odr.	3
7.2.7. Pentatomic cycle with three nitrogen atoms				
2-Chlor-4,6-bis(ethylamino)-sym-triazine	2,4-Bis(N-ethylamino)-6-chlor-1,3,5-triazine, simazine	None	org. flot.	4
2-Chlor-4,6-bis(ethylamino)-sym-triazine 2-oxy derivative	2-Oxy derivative of simazine	None	org. flot.	4
0,0-Dimethyl-S-(4,6-diamino-1,3,5-triazin-2-yl-methyl)-dithiophosphate	Sayfos, menazon, sap-hicol, azadition	0.1	s.-t.	3
Cyclotrimethylen-trinitroamine	1,3,5-Tri-nitro-1,3,5-perhydrotri-azine, hexogene	0.1	s.-t.	2
4,6-bis(Isopropylamino)-2-(N-methyl-N-cyanamino)-1,3,5-triazine	Methazine	0.3	org. flavr.	4
2-Amino-4-methyl-6-methoxy-1,3,5-triazine	2-Amino-4-methyl-6-me-thoxy-sym-triazine	0.4 <1>	org. odr.	3
2-Chlor-4,6-bis(isopropylamino)-sym-triazine	2,4-Bis(N-isopropyl-amino)-6-chlor-1,3,5-triazine, propazine, insoluble simazine	1.0	org. odr.	4
2-Methylthio-4,6-diisopropylamino-sym-triazine	2-Amino-4-(N,N-diiso-propylamino)-6-methyl-thio- 1,3,5-tria-zine, pro-metryn	3.0	org. odr.	3
Cyanuric acid	1,3,5-Tria-zine-2,4,6 (1H,3H,5H)-trione	6.0	org. flavr.	3
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
7.2.8. Multinucleate compounds with several nitrogen atoms				
1,2-Bis(1,4,6,9-tetraazotricyclo[4,4,1,1,4,9]-decano)-ethyliden dihydrochloride	DKhTI 150A	0.015	s.-t.	2
Dipyridyl	Bipyridyl	0.03	org. odr.	3
1,2,3-Benzotriazole		0.1	s.-t.	3
Methyl-N-(2-benzimidazolyl) carbamate	1H-benzimidazol-2-yl carbamic acid, methyl ether	0.1	org. film	4
3-Cyclohexyl-5,6-trimethylenuracil	3-Cyclohexyl-6,7-di-hydro-1H-cyclopenta-pyrimidin-2,4(3H,5H)-dione, Hexilur	0.2	s.-t.	2
1,1-Dimethyl-4,4'-dipyridyldimethylphosphate		0.3	org. odr.	3
Dipyridylphosphate		0.3	org. odr.	4
Methyl-1-butylcarbamoyl-2-benzimidazolcarbamate	Arylate	0.5	org. film	4
Hexamethylenetetramine	1,3,5,7-Tetraazatricyclohexan, urotropine, amynoform, Formin	0.5	s.-t.	2
5-Amino-2-(n-aminophenyl)-1H-benzimidazole		1.0	s.-t.	2
Triethylendiamine	1,4-Diazobicyclo[2.2.2.]octane, DAVSO	6.0	s.-t.	2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
7.2.9. Containing over six atoms in the cycle				
S-Ethyl-N-hexamethylenthio-carbamate	Hexahydro-1H-azepin-1-thiocarbo-nic acid, S-ethyl ether; Yalan	0.07	org. odr.	4
Hexamethylenamine hydrochloride		5.0	s.-t.	2
Cyclotetramethylen-tetranitroamine	Octohydro-1,3,5,7-tet-ranitro-1,3,5,7-tet-razocyne, octogene	0.2	s.-t.	2
7.3. Sulphur-containing compounds				
2-Chlorothiophene		0.001	org. odr.	4
Tetrahydrothiophen-1,1-dioxyde	Sulpholane, tetra-methylene sulphone	0.5	org. odr.	3
Thiophene	Thiofuran	2.0	org. odr.	3
7.4. Mixed-type compounds				
7.4.1. Containing nitrogen and oxygen as heteroatoms				
Codeine		None		
Morphine		None		
0,0-Diethyl-S-(6-chlorbenzoxazoliny-l-methyl)dithio-phosphate	S-(2,3-Di-hydro-3-oxo-6-chlor-benzoxa-zol-3-ylme-thyl)-0,0-diethylphos-phate, Phosalone	0.001	org. odr.	4
Tetrahydro-1,4-oxazine	Morpholine	0.04	org. flavr.	3
Benzoxazolone-2	benzoxazol-2(3H)-one	0.1	s.-t.	2
3-Chlormetal-6-chlorbenzoxazolone	6-Chlor-3-chlormethyl-2-(3H)ben-zoxazolone	0.4	s.-t.	2
7.4.2. Containing nitrogen and sulphur as heteroatoms				
Continúa . . .				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Dibenzthiazoldi-sulphide	2,2'-Dithio-dibenzothiazole, altax	None	org. odr.	3
2-Butylthiobenzothiazole	Butylcaptax	0.005	org. odr.	4
3,5-Dimethyltetrahydro-1,3,5-thiadiazinethione-2	3,5-Dimethylperhydro-1, 3,5-thiadiazin-2-thione, mylon, thiazone	0.01	org. odr.	4
Benzothiazole		0.25 <1>	org. odr.	4
2-Hydroxybenzothiazole	2-(3H)-Hydroxybenzothiazolone	1.0	s.-t.	2
2-Mercaptobenzothiazole	Benzothiazol-2-thiol, Captax	5.0	org. odr.	4
8. Organoelemental compounds				
8.1. Mercury compounds				
Ethyl mercuric chloride	Granosan	0.0001	s.-t.	1
Mercury diethyl		0.0001	s.-t.	1
8.2. Tin compounds				
Tetraethyltin	Tetraethylstannane	0.0002	s.-t.	1
Bis(tributyltin) oxyde		0.0002	s.-t.	1
Tin tributylmethacrylate	Tributyl(2-methyl-1-oxo-2-propenyl)oxystannane	0.0002	s.-t.	1
Dicyclohexyltin oxyde	Dicyclohexyloxostannane	0.001	s.-t.	2
Tricyclohexyltin chloride		0.001	s.-t.	2
Dichlordibutyltin	Dibutyl-dichlorstannane	0.002	s.-t.	2
Diethyltin dichloride	Dichlor-diethylstannane	0.002	s.-t.	2
Tetrabutyltin	Tetrabutylstannane	0.002	s.-t.	2
Continúa ...				

Cuadro A.13: SanPin 2.1.4.1074-01, Requisitos de Higiene para la Calidad del Agua Potable (19) (continuación)

Substance name	Synonyms	Standard value in mg/L	Hazard parameter	Hazard category
Ethylene-bis(thioglycolate)-dioctyltin		0.002	s.-t.	2
Dibutyltin oxyde	Dibutyloxo-stannane	0.004	s.-t.	2
Dibutyltin dilaurate	Bis(dodecanoxy)-dinbutyl-stannane	0.01	s.-t.	2
Dibutyltin diisooctylthioglycolate	Bis(isooctylloxycarbonylmethylthio)dibutyl stannane	0.01	s.-t.	2
Diethyltin dioctanoate	Diethyl-bis(octanoyloxy)stannane, tin diethyl-dicaprylate	0.01	s.-t.	2
Diisobutyltin maleate-dioctyl		0.02	s.-t.	2
Sulphidedibutyltin	Dibutyltin sulphide	0.02	s.-t.	2
Tributyltin chloride	Chlortributylstannane, tributyl-chlor-stannane	0.02	s.-t.	2
8.3. Lead compounds				
Tetraethyllead		None	s.-t.	1
8.4. Arsenic compounds				
8.5. Silicium compounds				
Trifluoropropylsilane		1.5	org. flavr.	4
Fin del cuadro				

A.3.2.3. Autor: India (46).

Los parámetros normalizados de agua potable establecidos por India han sido fijados a través del consenso entre varios actores –empresas, consumidores, técnicos, legisladores, etc.– teniendo como guía los establecidos por ISO/IEC¹. Éstos son los siguientes:

---

¹Buscar qué significa

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Undesirable Effect	Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the Absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
i)	Colour, Hazen units, Max	5	Above 5, consumer taste decreases	Acceptance decreases	25	3025(Part 4)	Extended to 25 only if toxic substances are not suspected, in absence of alternate sources
ii)	Odour	Agreeable -	Agreeable -		Agreeable	3025 (Part 5)	a) Test cold and when heated b) Test at several dilutions
iii)	Taste	Agreeable	Agreeable		Agreeable	3025 (Parts 7 and 8)	Test to be conducted only after safety has been established
iv)	Turbidity, NTU, Max	5	Above 5, consumer taste decreases		10	3025 (Part 10)	
v)	Dissolved solids mg/L, Max	500	Beyond this palatability decreases and may cause gastro intestinal irritation		2 000	3025 (Part 16)	-
vi)	pH value	6.5 to 8.5	Beyond this range the water will affect the mucous membrane and/ or water supply system		No relaxation	3025 (Part 11)	-
vii)	Total hardness (as CaCO ₃) mg/L Max	300	Encrustation in water supply structure and adverse effects on domestic use		600	3025 (Part 21)	(Part 21)

Cuadro A.14: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Organoleptic and Physical parameters(46)

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Undesirable Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
i)	Copper (as Cu) mg/L, Max	0.05	Astringent taste, discoloration and corrosion of pipes, fitting and utensils will be caused beyond this	1.5	3025 (Part 42)	-
ii)	Iron (as Fe) mg/L, Max	0.3	Beyond this limit taste/ appearance are affected, has adverse effect on domestic uses and water supply structures, and promotes iron bacteria	1.0	3025 (Part 53)	-
iii)	Manganese (as Mn) mg/L, Max	0.1	Beyond this limit taste/ appearance are affected has adverse effect on domestic uses and water supply structures	0.3	35 of 3025	-
iv)	Nitrate (as N03) mg/L, Max.	45	Beyond this methaemoglobinemia takes place/ may be indicative of pollution	No relaxation on	3025 (Part 34)	-

Cuadro A.15: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undesirable in excessive amounts(46). Cuadro I

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Undesirable Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
v)	Fluoride (as F) mg/L, Max	1.0	Fluoride may be kept as low as possible. High fluoride may cause fluorosis	1.5	23 of 3025	-
vi)	Zinc (as Zn) mg/L, Max	5	Beyond this limit it can cause astringent taste and an opalescence in water	15	3025 (Part 49)	-
vii)	Aluminium (as Al), mg/L, Max	0.03	Cumulative effect is reported to cause dementia	0.2	3025 (Part 55)	-
viii)	Chlorides (as Cl) mg/L, Max	250	Beyond this limit, taste, corrosion and palatability are affected	1 000	3025 (Part 32)	-
ix)	Selenium (as Se), mg/L, Max	0.01	Beyond this, the water becomes toxic	No relaxation	3025 (Part 56) or IS 15303*	-
x)	Sulphate (as SO ₄) mg/L, Max	200	Beyond this causes Gastro intestinal Irritation when Magnesium or Sodium are present	400 (see col 7)	3025 (Part 24)	Maybe extended up to 400 provided that Mg does not exceed 30

Cuadro A.16: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undesirable in excessive amounts(46). Cuadro II

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Indesirable Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit the Ab-sence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
xi)	Alkalinity as Calcium carbonate mg/L, Max	200	Beyond this limit taste becomes unpleasant	600	3025 23)	(Part -
xii)	Calcium (as Ca) mg/L, Max	75	Encrustation in water supply structure and adverse effects on domestic use	200	3025 40)	(Part -
xiii)	Magnesium (as Mg), mg/L, Max	30	Encrustation in water supply structure and adverse effects on domestic use	100	3025 46)	(Part -
xiv)	Residual, free chlorine, mg/L, Min	0.2		1	3025 26)	To be applicable only when water is chlorinated. Tested at consumer end. When protection against viral infection is required, it should be Min 0.5 mg/L.
xv)	Phenolic compounds (as C6H5OH) mg/L, Max	0.001	Beyond this, it may cause objectionable taste and odour	0.002	3025 43)	(Part -

Cuadro A.17: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undesirable in excessive amounts(46). Cuadro III

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the Absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
xvi)	Mineral oil mg/L, Max	0.01	Beyond this limit undesirable taste and odour after chlorination take place	0.03	APHA 5520C and IS 3025 (Part 39) infrared partition method	
xvii)	Anionic detergents (as MBAS) mg/L, Max	0.2	Beyond this limit it can cause a light froth in water	1.0	Annex K IS 13428	
xviii)	Boron (as B), mg/L Max	0.3		1.5	29 of 3025	-
xix)	Barium (as Ba) mg/L Max	0.7	May lead to cardiovascular problem	No relaxation	Annex F IS 13428*/IS15302	
xx)	Molybdenum (as Mo) mg/L, Max	0.07	Beyond this it may cause osteoporosis/bone disorders	No relaxation	3025 (Part 2:2002)/ISO 11885:1996	
xxi)	Sulphide (as H ₂ S) mg/L, Max.	0.05	Beyond this it may cause objectionable taste and odour	No relaxation	IS 3025 (Part 29)	

Cuadro A.18: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: General parameters concerning substances undesirable in excessive amounts(46). Cuadro IV

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
i)	Mercury (as Hg) mg/L, Max	0.001	Beyond this, the water becomes toxic	No Relaxation	3025 (Part 48)/ Mercury analyser	
ii)	Cadmium (as Cd), mg/L, Max	0.003	Beyond this, the water becomes toxic	No Relaxation	3025 (Part 41)	
iii)	Arsenic (as As), mg/L, Max	0.01	Beyond this the water becomes toxic	0.05	3025 (Part 37)	
iv)	Cyanide (as CN), mg/L, Max	0.05	Beyond this, limit the water becomes toxic	No Relaxation	3025 (Part 27)	
v)	Lead (as Pb), mg/L, Max	0.01	Beyond this, the water becomes toxic	No Relaxation	3025 (Part 47)/	
vi)	Chromium (as Cr ⁶⁺) mg/L, Max	0.05	May be carcinogenic above this limit	No relaxation	3025 (Part 52)	
vii)	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (as PAH) mg/L, Max	0.0001	May be Carcinogenic	No Relaxation	APHA 6440	-

Cuadro A.19: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Parameters concerning toxic substances(46). Cuadro I

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Undesirable Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
viii)	Pesticides mg/L, Max	Table 5	Toxic	No Relaxation	Table 5	-
ix)	Nickel (as Ni) mg/L, Max	0.02	Beyond this it may cause allergic reaction	No Relaxation	3025 (Part 54)	(Part 54)
x)	Polychlorinated biphenyls mg/L, Max	0.0005	May be carcinogenic	No relaxation	ASTM 5175/APHA 6630	
xi)	Trihalomethanes					
a)	Bromoform mg/L, Max	0.1	May be carcinogenic above this limit	No relaxation	ASTMD 3973-85/APHA	
b)	Dibromochloro methane mg/L, Max	0.1	do	do	do	
c)	Bromodichloro Methane mg/L, Max	0.06	do	do	do	
d)	Chloroform mg/L, Max	0.2	do	do	do	

Cuadro A.20: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Parameters concerning toxic substances(46). Cuadro II

Sl. No	Substance or Characteristic	Requirement (Desirable Limit)	Undesirable Effect Outside the Desirable Limit	Permissible Limit in the absence of Alternate Source	Methods of Test (Ref to IS)	Remarks
i)	Radioactive Materials:					
	a) Alpha emitters Bq/I, Max	0.1	may be carcinogenic above this limit	0.1	IS (Pt2)	14194 -
	b) Beta emitters Bq/I, Max	1.0	-	1	IS (Pt1)	14194 -

Cuadro A.21: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Parameters concerning radioactive substances(46)

SI.No.	Pesticide	Limit	Test method
		μ/L	USEPA AOAC/ISO
i)	DDT (o,p and p,p-isomers of DDT, DDE and DDD)	1	508 AOAC 990.06
ii)	Gamma-HCH (Lindane)	2	508 AOAC 990.06
iii)	2,4 D	3	515.1
iv)	Isoproturon	9	532
v)	Alachor	20	525.2, 507
vi)	Atrazine	2	525.2, 8141A
vii)	Aldrin/ Dieldrin	0.03	508
viii)	alpha HCH	0.01	508
ix)	beta HCH	0.04	508
x)	delta HCH	0.04	508
xi)	Endosulfan (alpha, beta and sulphate)	0.4	508 AOAC 990.06
xii)	Monocrotophos	1	8141A
xiii)	Ethion	3	1657 A
xiv)	Chlorpyrifos	30	525.2, 8141A
xv)	Phorate	2	8141A
xvi)	Butachlor	125	525.2, 8141A
xvii)	Methyl parathion	0.3	8141A ISO 10695
xviii)	Malathion	190	8141A

Cuadro A.22: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Pesticide residues limits and test method(46)

Organism	Guidelines
All water intended for drinking E.coli or thermotolerant coliform bacteria	Must not be detectable in any 100 ml sample
Treated water entering the distribution system	
E.coli or thermotolerant coliform bacteria	Must not be detectable in any 100 ml sample
Total coliform bacteria	Must not be detectable in any 100 ml sample
Treated water entering the distribution system	
E.coli or thermotolerant coliform bacteria	Must not be detectable in any 100 ml sample
Total coliform bacteria	Must not be detectable in any 100 ml sample. In the case of large supplies, where sufficient samples are examined, must not be present in 95 % of samples taken throughout any 12 month period.

Cuadro A.23: Indian Standard Specifications for drinking water IS:10500: Bacteriological quality of drinking water(46)

A.3.2.4. Autor: Japón (49).

Los parámetros normalizados de agua potable establecidos por Japón son los siguientes:

Cuadro A.24: Japan. Drinking Water Quality Standards(49)

No.	Items	Standard Value
1	Common Bacteria	100 per 1 mL
2	E. coli	Not to be detected
3	Cadmium	0.003mg/L
4	Mercury	0.0005mg/L
5	Selenium	0.01mg/L
6	Lead	0.01mg/L
7	Arsenic	0.01mg/L
8	Chromium (VI)	0.05mg/L
9	Cyanide ion and Cyanogens chloride	0.01mg/L as Cyanide
10	Nitrate and Nitrite	10mg/L as Nitrogen
11	Fluoride	0.8mg/L
12	Boron	1.0mg/L
13	Carbon tetrachloride	0.002mg/L
14	1,4-dioxane	0.05mg/L
15	cis-1,2-Dichloroethylene and trans-1,2-Dichloroethylene	0.04mg/L
16	Dichloromethane	0.02mg/L
17	Tetrachloroethylene	0.01mg/L
18	Trichloroethylene	0.01mg/L
19	Benzene	0.01mg/L
20	Chlorate	0.6mg/L
21	Chloroacetic acid	0.02mg/L
22	Chloroform	0.06mg/L
23	Dichloroacetic acid	0.04mg/L
24	Dibromochloromethane	0.1mg/L
25	Bromate	0.01mg/L
26	Total trihalomethanes (Total of Chloroform, Dibromochloromethane, Bromodichloromethane and Bromoform)	0.1mg/L

Continúa ...

Cuadro A.24: Japan. Drinking Water Quality Standards(49)

No.	Items	Standard Value
27	Trichloroacetic acid	0.2mg/L
28	Bromodichloromethane	0.03mg/L
29	Bromoform	0.09mg/L
30	Formaldehyde	0.08mg/L
31	Zinc	1.0mg/L
32	Aluminium	0.2mg/L
33	Iron	0.3mg/L
34	Copper	1.0mg/L
35	Sodium	200mg/L
36	Manganese	0.05mg/L
37	Chloride ion	200mg/L
38	Calcium, Magnesium (Hardness)	300mg/L
39	Total residue	500mg/L
40	Anionic surface active agent	0.2mg/L
41	(4S, 4aS, 8aR)-Octahydro-4,8a-Dimethylenaphtalen e-4a(2H)-ol (Alias: Geosmin)	0.00001mg/L
42	1,2,7,7 - Tetramethylbicyclo[2,2,1]Heptane-2-ol (Alias: 2-Methylisobolneol)	0.00001mg/L
43	Nonionic surface active agent	0.02mg/L
44	Phenols	0.005mg/L in terms of Phenol
45	Organic substances (Total Organic Carbon)	3mg/L
46	pH Value	5.8-8.6
47	Taste	Not abnormal
48	Odor	Not abnormal
49	Color	5 degree
50	Turbidity	2 degree
Fin del cuadro		

Cuadro A.25: Japan. Complementary items to Set the Targets for Water Quality Management(49)

No.	Items	Target (mg/L)	Value
0-01	Antimony	0.015	
0-02	Uramum	0.002P	
0-03	Nickel	0.01P	
0-04	Nitrite-Nitrogen	0.05P	
0-05	1,2-diehloroethane	0.004	
0-06	Trans-1,2-diehloroetlrylene	0.04	
0-07	1,1,2-Triehloroethane	0.006	
0-08	Toluene	0.2	
0-09	Diethylexyl phtalate	0.1	
0-10	Chlorite	0.6	
0-11	Chlorate	0.6	
0-12	Chloruie dioxide	0.6	
0-13	Diclboroacetonitrile	0.04P	
0-14	Chlorale hydrate	0.03P	
0-15	Pesticides ^(Notel)	1	
0-16	Chloruie residue	1	
0-17	Hardiness (Ca, Mg)	10-100	
0-18	Manganese	0.01	
0-19	Free carbón dioxide	20	
0-20	1,1,1-Trichloloethane	0.3	
0-21	Methyl-t-butylether (MTBE)	0.02	
0-22	Organic substance (Potassiuin permanganate consumption)	10(3)	
0-23	Threshold Odor Number	3T0N	
0-24	Residue on evaporation	30-200	
0-25	Turbidity	1 degree	
0-26	pH Value	Approx. 7.5	
0-27	Causticity (Langelier's Index)	-1~0	
Fin del cuadro			

Cuadro A.26: Japan. Items for Further Study(49)

No.	Items	Target (mg/L)	Value
1-01	Silver	-	
1-02	Valium	0.7	
1-03	Bismuth	-	
1-04	Molybdenum	0.07	
1-05	Acrylamide	0.0005	
1-06	Acrylic acid	-	
1-07	17- β -Estradiol	0.00008P	
1-08	Ethynyl-Estradiol	0.00002P	
1-09	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	0.5	
1-10	Epichlorohydrin	0.0004P	
1-11	Chloroethene	0.002	
1-12	Vinyl Acetate	-	
1-13	2,4-Deaminotoluene		
1-14	2,6-Deaminotoluene	-	
1-15	N,N-Dimethylaniline		
1-16	Stylene	0.02	
1-17	Dioxin, etc	lp μ TEQ/L (P)	
1-18	Triethylenetetramine		
1-19	Nonylphenol	0.3P	
1-20	BisphenolA	0.1P	
1-21	Hytrazine		
1-22	1,2-Butadiene		
1-23	1,3-Butadiene		
1-24	Dibutyl phtalate	0.2P	
1-25	Dibutyl benzyl phtalate	0.5P	
1-26	Microcystin - L R	0.0008P	
1-27	Organotin compounds	0.0006P(TBT0)	
1-28	Bromochloroacetic acid	-	
1-29	Bromodichloroacetic acid	-	
1-30	Dibromochloroacetic acid		
1-31	Bromoacetic acid		
1-32	Dibromoacetic acid		
1-33	Tribromoacetic acid		
1-34	Trichloroacetnitrile	-	
1-35	Bromochloroacetnitrile		
1-36	Dibromoacetnitrile	0.06	
1-37	Acetaldehyde		
Continúa . . .			

Cuadro A.26: Japan. Items for Further Study(49)

No.	Items	Target (mg/L)	Value
1-38	MX	0.001	
1-39	Chloropicrin		
1-40	Xylene	0.4	
Fin del cuadro			

A.3.2.5. Autor: República Popular China (15).

Esta normativa está orientada para llevar a cabo la política de protección del medio ambiente en la República Popular China, para controlar la contaminación del agua y proteger los recursos acuáticos. Se aplica a las aguas superficiales. Clasifica las fuentes de agua en cinco tipos. Los tres primeros definen una calidad óptima para el agua potable. Los cinco tipos son los siguientes:

- Tipo I: Se aplica principalmente a fuentes de agua y reservas naturales.
- Tipo II: Se aplica principalmente a los recursos de tipo I que son utilizados para agua potable, peces protegidos y piscifactorías.
- Tipo III: Se aplica principalmente a los recursos de tipo II que son utilizados para agua potable, peces comunes y zonas de baño.
- Tipo IV: Se aplica principalmente a fuentes de agua para uso industrial y recreativos sin contacto con las personas.
- Tipo V: Se aplica principalmente a masas de agua para agricultura y el campo.

No.	Parameters value standards classification	I.	II.	III.	IV.	V.
	Fundamental requirement	All the water bodies should not contain the following substances resulted by non-natural reasons a. substances that can precipitate and become disgusting sediments b. floating matter, such as fragment, floating slag, oil and other matter that leads to unpleasant perception c. substances that produce disgusting color, smell and turbidity d. substances that are harmful, toxic to or has negative physical effects on human beings, animals and plants e. substances that benefits the disgusting aquatic organism				
1	Water temperature ?	The water temperature variations caused by human activities should be controlled within: The maximum average weekly temperature rise in summer ≤ 1 The maximum average weekly temperature drop ≤ 2				
2	pH	6.5-8.5				
3	Sulfate (by SO_4^{-2}) $\leq$	Lower than 250	250	250	250	6-9
4	Chloride (by Cl^-) $\leq$	Lower than 250	250	250	250	250
5	Soluble Fe $\leq$	Lower than 0.3	0.3	0.5	0.5	1.0
6	Total Manganese (by Mn) $\leq$	Lower than 0.1	0.1	0.1	0.5	1.0
7	Total Copper $\leq$	Lower than 0.01	1.0 (fishery 0.01)	1.0 (fishery 0.01)	1.0 (fishery 1.0)	1.0

Cuadro A.27: Chinese Environmental Quality Standards for Surface Water (15). Cuadro I

No.	Parameters value standards classification	I.	II.	III.	IV.	V.
8	Total Zinc $\leq$	0.05	1.0 (fishery 0.1)	1.0(fishery 0.1)	2.0	2.0
9	Nitrate (by N) $\leq$	Lower than 10	10	20	20	25
10	Nitrite (by N) $\leq$	0.06	0.1	0.15	1.0	1.0
11	Non-ionic Nitrogen $\leq$	0.02	0.02	0.02	0.2	0.2
12	Kjeldahl Nitrogen $\leq$	0.5	0.5	1	2	2
13	Total Phosphorus (by P) $\leq$	0.02	0.1(lakes,reservoir,0.2 0.025)	0.1(lakes,reservoir,0.2 0.05)	0.2	0.2
14	Permanganate Index $\leq$	2	4	6	8	10
15	Soluble Oxygen $\leq$	Percentage of saturation 90 %	6	5	3	2
16	Chemical Oxygen Demand (COD_{Cr}) $\leq$	Lower than 15	Lower than 15	than 15	20	25
17	Biochemical Oxygen De- mand (BOD_5) $\leq$	Lower than 3	3	4	6	10
18	Fluoride (F^-) $\leq$	Lower than 1.0	1.0	1.0	2	2
19	Selenium (four) $\leq$	Lower than 0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
20	Total Arsenic $\leq$	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
21	Total Mercury $\leq$	0.00005	0.00005	0.0001	0.001	0.001
22	Total Cadmium $\leq$	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
23	Total Chromium (six) $\leq$	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1

Cuadro A.28: Chinese Environmental Quality Standards for Surface Water (15). Cuadro II

No.	Parameters value standards classification	I.	II.	III.	IV.	V.
24	Total Lead $\leq$	0.01	0.05	0.05	0.05	0.1
25	Total Cyanide $\leq$	0.005	0.05(fishery 0.005)	0.2(fishery 0.005)	0.2	0.2
26	Volatile Phenol $\leq$	0.002	0.002	0.005	0.01	0.1
27	Oil Category $\leq$	0.05	0.05	0.05	0.5	1.0
28	Anionic Surface-active Agent $\leq$	Lower 0.2	than 0.2	0.2	0.3	0.3
29	Total Coliform Group Bac- teria (/L) $\leq$			1000		
30	Benzo(a)pyrene (μ g/L) $\leq$	0.0025	0.0025	0.0025		

Cuadro A.29: Chinese Environmental Quality Standards for Surface Water (15). Cuadro III

A.3.2.6. Autor: Canadá (11).

Parameter (approval)	Guideline	Common sources	Health considerations	Applying the guideline
Bacterial water-borne pathogens (2006)	None required	Human and animal faeces; some are naturally occurring	Commonly associated with gastrointestinal upset (nausea, vomiting, diarrhoea); some pathogens may infect the lungs, skin, eyes, central nervous system or liver.	Use multi-barrier approach to reduce pathogens to levels that are non-detectable or not associated with illness.
Enteric viruses (2011)	Treatment goal: Minimum 4 log reduction and/or inactivation of enteric viruses	Human and animal faeces	Commonly associated with gastrointestinal upset (nausea, vomiting, diarrhoea); less common health effects can include respiratory symptoms, central nervous system infections, liver infections and muscular syndromes.	Routine monitoring for viruses is not practical; where possible, characterize source water to determine if greater than a 4 log removal or inactivation is necessary.
Escherichia coli (E. coli) (2006)	MAC: None detectable per 100 mL	Human and animal faeces	The presence of <i>E. coli</i> indicates recent faecal contamination and the potential presence of microorganisms capable of causing gastrointestinal illnesses; pathogens in human and animal faeces pose the most immediate danger to public health.	<i>E. coli</i> is used as an indicator of the microbiological safety of drinking water; if detected, enteric pathogens may also be present.
Heterotrophic plate count (HPC) (2006)	None required	Naturally occurring	HPC results are not an indicator of water safety and should not be used as an indicator of potential adverse human health effects; HPC is a useful operational tool for monitoring general bacteriological water quality through the treatment process and in the distribution system.	If increases in HPC values above baseline levels occur, the system should be inspected to determine the cause; HPC should be minimized through effective treatment and disinfection and remain constant over time.

Cuadro A.30: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro I

Parameter (approval)	Guideline	Common sources	Health considerations	Applying the guideline
Protozoa: Giardia and Cryptosporidium (2004)	Treatment goal: Minimum 3 log reduction and/or inactivation	Human and animal faeces	Commonly associated with gastrointestinal upset (nausea, vomiting, diarrhoea); less common health effects can include respiratory symptoms, central nervous system infections, liver infections and muscular syndromes.	Monitoring for Cryptosporidium and Giardia in source waters will provide valuable information for assessing treatment requirements.
Total coliforms (2006)	At exit of municipal treatment plant or throughout semi-public systems: MAC of none detectable/100 mL	Human and animal faeces; naturally occurring in water, soil and vegetation	Total coliforms are not used as indicators of potential health effects from pathogenic microorganisms; they are used as an operational tool to determine how well the drinking water treatment system is operating.	In water leaving a treatment plant, the presence of total coliforms indicates that the water has been inadequately treated and may contain pathogenic microorganisms; in semi-public systems, the presence of total coliforms generally indicates that the system is vulnerable to contamination and that additional actions need to be taken; in a distribution and storage system, detection of total coliforms can indicate regrowth of the bacteria in distribution system biofilms or intrusion of untreated water; thus, exceedances of the distribution system goal should be investigated.

Cuadro A.31: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro II

Parameter (approval)	Guideline	Common sources	Health considerations	Applying the guideline
	In municipal distribution systems: No consecutive samples or no more than 10 % of samples should contain total coliforms			

Cuadro A.32: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro III

Parameter (approval)	Guideline	Common sources	Health considerations	Applying the guideline
Turbidity (2003)	Guideline	Naturally occurring particles:	Indirect associations:	Guidelines apply to individual filter turbidity for systems that use surface water or GUDI; drinking water from some sources may meet exemption criteria
	Treated water 0.1 NTU at all times.	Inorganic: clays, silts, metal precipitates		
	Where not achievable:	Organic: decomposed plant and animal debris, microorganisms		
	≤ 0.3 NTU	particles can	from filtration requirements established by the appropriate authority; increases in distribution system turbidity can be indicative of deteriorating water quality and should be investigated.	
	≤ 1.0 NTU	harbour microorganisms, protecting them		
	≤ 0.1 NTU	from disinfection, and can entrap heavy metals and biocides; elevated or fluctuating turbidity in filtered water can indicate a problem with the water treatment process and a potential increased risk of pathogens in treated water.		

Cuadro A.33: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Microbiological Parameters (11). Cuadro IV

Las Recomendaciones para los parámetros físicos y químicos son las siguientes:

1. basadas en la salud humana y relacionada con la máxima concentración aceptable (MAC²).
2. basadas en consideraciones estéticas y relacionadas por los objetivos estéticos (AO³).
3. establecidas en base a consideraciones de los procesos y relacionadas por los valores guía de procesos (OG⁴).

Los parámetros físicos y químicos tienen la segunda prioridad dentro de estas Recomendaciones hasta tal punto que no se aplicará ningún tratamiento para reducir las concentraciones de los mismos si eso implica una reducción de la efectividad de la desinfección.

Estos parámetros los divide en los siguientes tipos:

- A: Aceptabilidad (Acceptability)
- D: Desinfectante (Dinsinfectant)
- DBP: Subproducto derivado de la desinfección (Disinfection by-product)
- P: Pesticida (Pesticide)
- I: Químico inorgánico (Inorganic chemical)
- O: Químico orgánico (Organic chemical)

---

²maximum acceptable concentrations

³aesthetic objectives

⁴operational guidance values

Type	Parameter MAC (approx. val, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
T	Aluminum (1998)	OG: <0.1 (conventional treatment); <0.2 (other treatment types)	Aluminum salts used as coagulants in drinking water treatment; naturally occurring		Current weight of evidence does not indicate adverse health effects at levels found in drinking water.
I	Ammonia (1987)	None required	Naturally occurring; released from agricultural or industrial wastes; added as part of chloramination for drinking water disinfection		Guideline value not necessary as it is produced in the body and efficiently metabolized in healthy people; no adverse effects at levels found in drinking water.
I	Antimony (1997)	0.006	Naturally occurring (erosion); soil runoff; industrial effluents; leaching from plumbing materials and solder	Health basis of MAC: Microscopic changes in organs and tissues (thy-mus, kidney, liver, spleen, thyroid)	MAC takes into consideration analytical achievability; plumbing should be thoroughly flushed before water is used for consumption.

Cuadro A.34: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro I

Type	Parameter	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considera- tions	Comments
I	Arsenic (2006)	0.010 ALARA		Naturally occurring (erosion and weathering of soils, minerals, ores)	Health MAC: (lung, liver, skin) classified as human carcinogen) Other: Skin, vascular and neurological effects (numbness and tingling of extremities)	MAC based on treatment achievability; elevated levels associated with certain groundwaters; levels should be kept as low as reasonably achievable.
I	Asbestos (1989, 2005)	None required		Naturally occurring (erosion of asbestos minerals and ores); decay of asbestos-cement pipes		Guideline value not necessary; no evidence of adverse health effects from exposure through drinking water.

Cuadro A.35: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro II

Type	Parameter	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considera- tions	Comments
P	Atrazine (1993)	0.005		Leaching and/or runoff from agri- cultural use	Health MAC: mental (reduced weight of offspring) Other: Potential increased risk of ovarian cancer or lymphomas (clas- sified as possible carcinogen)	MAC sum of atrazine and its N-dealkylated metabolites; persistent in source waters.
P	Azinphos- methyl (1989, 2005)	0.02		Leaching and/or runoff from agri- cultural use	Health MAC: Neurological effects (plasma cholinesterase)	All uses to be phased out by 2012.
I	Barium (1990)	1.0		Naturally occu- rring; releases or spills from in- dustrial uses	Health MAC: Increases in blood pressu- re, cardiovascular disease	

Cuadro A.36: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro III

Type	Parameter (approximate value, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
O	Benzene (2009)	0.005		Releases or spills from industrial uses	Health basis of MAC: Bone marrow (red and white blood cell) changes and cancer (classified as human carcinogen) Other: Blood system and immunological responses	MAC considers additional exposure through showering and bathing; drinking water is generally a minor source of exposure.
O	Benz[a]pyrene (1988, 2005)	0.00001		Leaching from liners in water distribution systems	Health basis of MAC: Stomach tumours (classified as probable carcinogen)	
I	Boron (1990)	5		Naturally occurring; leaching or runoff from industrial use	Health basis of MAC: Reproductive effects (testicular atrophy, spermatogenesis) Other: Limited evidence of reduced sexual function in men	MAC based on treatment achievability.

Cuadro A.37: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro IV

Type	Parameter (approval, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of consideration	Comments
DBP	Bromate (1998)	0.01		By-product of drinking water disinfection with ozone; possible contaminant in hypochlorite solution	MAC: Renal tumours (classified as probable carcinogen)		MAC based on analytical and treatment achievability
P	Bromoxynil (1989, 2005)	0.005		Leaching or runoff from agricultural use	Health basis of MAC: Reduced liver to body weight ratios		
I	Cadmium (1986, 2005)	0.005		Leaching from galvanized pipes, solders or black polyethylene pipes; industrial and municipal waste	Health basis of MAC: Kidney damage and softening of bone		

Cuadro A.38: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro V

Type	Parameter	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
I	Calcium (1987, 2005)	None required		Naturally occurring (erosion and weathering of soils, minerals, ores)		Guideline value not necessary, as there is no evidence of adverse health effects from calcium in drinking water; calcium contributes to hardness
P	Carbaryl (1991, 2005)	0.09		Leaching or runoff from agricultural use	Health basis of MAC: Decreased kidney function (may be rapidly reversible after exposure ceases)	
P	Carbofuran (1991, 2005)	0.09		Leaching or runoff from agricultural use	Health basis of MAC: Nervous system effects (cholinesterase inhibition) and growth suppression	
O	Carbon tetrachloride (2010)	0.002		Industrial effluents and leaching from hazardous waste sites	Health basis of MAC: Liver toxicity Other: Kidney damage; liver tumours (classified as probable carcinogen)	MAC considers additional exposure through showering and bathing

Cuadro A.39: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro VI

Type	Parameter MAC (approx. val, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources in water	Health considerations	Health basis of considerations	Comments
D	Chloramine (1995)		Monochloramine is used as a secondary disinfectant; formed in presence of both chlorine and ammonia	Health MAC: Reduced body weight gain Other: immunotoxicity effects	Health basis of Reduced weight gain immunotoxicity effects	MAC is for total chloramines based on health effects associated with monochloramine and analytical availability
DBP	Chlorate 1 (2008)		By-product of drinking water disinfection with chlorine dioxide; possible contaminant in hypochlorite solution	Health MAC: Thyroid gland effects (colloid depletion)	Health basis of Thyroid effects (colloid depletion)	Formation of chlorate ion should be prevented, as it is difficult to remove once formed; chlorate formation should be controlled by respecting the maximum feed dose of 1.2 mg/L of chlorine dioxide and managing / monitoring formation in hypochlorite solutions.

Cuadro A.40: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro VII

Type	Parameter MAC (approx- val, reafir- mation)	Other va- lue (mg/L)	Common sour- ces of parameter in water	Health considera- tions	Comments
I	Chloride (1979, 2005)	AO: ≤ 250	Naturally occu- ring (seawater intrusion); dis- solved salt de- posits, highway salt, industrial effluents, oil well operations, se- wage, irrigation drainage, refuse leachates		Based on taste and poten- tial for corrosion in the dis- tribution system
D	Chlorine (2009) None required		Used as drin- king water disinfectant	Guideline not necessary due to low toxicity at concentrations found in drinking water	Free chlorine concentrations in most Canadian drinking water distribution systems range from 0.04 to 2.0 mg/L
D	Chlorine dioxide (2008) None required		Used as drin- king water disinfectant	A guideline for chlorine dioxide is not required because of its ra- pid reduction to chlorite in drinking water	A maximum feed dose of 1.2 mg/L of chlorine dioxi- de should not be exceeded to control the formation of chlorite and chlorate

Cuadro A.41: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro VIII

Type	Parameter (approx- val, reaffir- mation)	MAC (mg/L)	Other va- lue (mg/L)	Common sour- ces of parameter in water	Health considera- tions	Comments
DBP	Chlorite (2008)	1		By-product of drinking water disinfection with chlorine dioxide	Health basis of MAC: Neurobehav- ioural effects (lowered auditory startle amplitude, decreased exploratory activity), decreased absolute brain weight, altered liver weights	Chlorite formation should be controlled by respecting the maximum feed dose of 1.2 mg/L of chlorine dioxide and managing /monitoring formation in hypochlorite solutions.
P	Chlorpyrifos (1986)	0.09		Leaching and/or runoff from agricultural or other uses	Health basis of MAC: Nervous system effects (cholinesterase inhibition)	Not expected to leach significantly into groundwater
I	Chromium (1986)	0.05		Naturally occurring (erosion of minerals); releases or spills from industrial uses	Health basis of MAC: Enlarged liver, irritation of the skin, respiratory and gastrointestinal tracts from chromium (VI)	Chromium (III) is an essential element; MAC is protective of health effects from chromium (VI)

Cuadro A.42: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro IX

Type	Parameter (approval, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
T	Colour (1979, 2005)		AO: ≤ 15 TCU	Naturally occurring organic substances, metals; industrial wastes		May interfere with disinfection; removal is important to ensure effective treatment
I	Copper (1992)		AO: ≤ 1.0	Naturally occurring; leaching from copper piping	Copper is an essential element in human metabolism. Adverse health effects occur at levels much higher than the aesthetic objective	Based on taste, staining of laundry and plumbing fixtures; plumbing should be thoroughly flushed before water is used for consumption
I	Cyanide (1991)	0.2		Industrial and mining effluents; release from organic compounds	Health basis of MAC: No clinical or other changes at the highest dose tested	Health effects from cyanide are acute; at low levels of exposure, it can be detoxified to a certain extent in the human body

Cuadro A.43: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro X

Type	Parameter (approximate value, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources in water	Health considerations	Health basis of considerations	Comments
O	Cyanobacteria toxins-Microcystin-LR (2002)	0.015		Naturally occurring from blooms of blue-green algae)		Health basis of MAC: Liver effects (enzyme inhibitor) Other: Classified as possible carcinogen	MAC is protective of total microcystins; avoid algal cides like copper sulphate, as they may cause toxin release into water
P	Diazinon (1986, 2005)	0.02		Runoff from agricultural or other uses		Health basis of MAC: Nervous system effects (cholinesterase inhibition)	Not expected to leach significantly into groundwater
P	Dicamba (1987, 2005)	0.12		Leaching or runoff from agricultural or other uses		Health basis of MAC: Liver effects (vacuolization, necrosis, fatty deposits and liver weight changes)	Readily leaches into groundwater

Cuadro A.44: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XI

Type	Parameter (approximate value, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health considerations	Comments
O	1,2-Dichlorobenzene (1987) 0.2	AO: 0.005	Releases or spills from industrial effluents	Health basis of MAC: Increased blood cholesterol, protein and glucose levels	AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable		
O	1,4-Dichlorobenzene (1987) 0.005	AO: 0.005	Releases or spills from industrial effluents; use of urinal deodorants	Health basis of MAC: Benign liver tumours and adrenal gland tumours (classified as probable carcinogen)	AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable		
O	1,2-Dichloroethane (1987)	0.005		Releases or spills from industrial effluents; waste disposal	Health basis of MAC: Cancer of the circulatory system (classified as probable carcinogen)		MAC based on treatment and analytical achievability

Cuadro A.45: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XII

Type	Parameter MAC (approx. val, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
O	1,1-Dichloroethylene (1994)	0.014	Releases or spills from industrial effluents	Health basis of MAC: Liver effects (fatty changes)	
O	Dichloromethane (2011)	0.05	Industrial and municipal wastewater discharges	Health basis of MAC: Liver effects (liver foci and areas of cellular alteration). Other: Classified as probable carcinogen	MAC is protective of carcinogenic effects and considers additional exposure through showering and bathing
O	2,4-Dichlorophenol (1987, 2005)	0.9	By-product of drinking water disinfection with chlorine; releases from industrial effluents	AO: 0.0003 Health basis of MAC: Liver effects (cellular changes)	AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable

Cuadro A.46: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XI

Type	Parameter (approximate value, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of considerations	Comments
P	2,4-Dichlorophenoxy acetic acid (2,4-D) (1991)	0.1		Leaching and/or runoff from use as a weed controller; releases from industrial effluents	Health MAC: effects (tubular cell pigmentation)	Health basis of	
P	Diclofop-methyl (1987, 2005)	0.009		Leaching and/or runoff from use as a weed controller; added directly to water to control aquatic weeds	Health MAC: Liver effects (enlargement and enzyme changes)	Health basis of	Low potential for ground-water contamination
P	Dimethoat (1986, 2005)	0.02		Leaching and/or runoff from residential, agricultural and forestry use	Health MAC: Nervous system effects (cholinesterase inhibition)	Health basis of	

Cuadro A.47: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XII

Type	Parameter MAC (approx- val, reaffir- mation)	Other va- lue (mg/L)	Common sour- ces of parameter in water	Health tensions	Health considera-	Comments
P	Diquat (1986, 2005)	0.07	Leaching and/or runoff from agri- cultural use; ad- ded directly to water to control aquatic weeds	Health MAC: formation	Unlikely to leach into groundwater	
P	Diuron (1987, 2005)	0.15	Leaching and/or runoff from use in controlling ve- getation	Health MAC: Weight increased weight and blood effects	basis of Weight loss, liver and blood	High potential to leach into groundwater
O	Ethylbenzene (1986, 2005)	AO: 0.0024	Emissions, ef- fluents or spills from petroleum and chemical industries			Based on odour

Cuadro A.48: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XIII

Type	Parameter	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of consideration	Beneficial in preventing	Comments
I	Fluoride (2010)	1.5		Naturally occurring (rock and soil erosion); may be added to promote dental health	Health MAC: dental fluorosis (based on cosmetic effect, not health)	Moderate	Beneficial in preventing dental caries	
DBP	Formaldehyde (1997)	None required		By-product of disinfection with ozone; releases from industrial effluents				Guideline value not necessary, as levels in drinking water are below the level at which adverse health effects may occur
O	Gasoline and its organic constituents (1986, 2005)	None required		Spill or leaking storage tank				No MAC due to complex composition of gasoline; strong taste and odour at concentrations well below those potentially eliciting adverse health effects (see benzene, ethylbenzene, toluene and xylenes for more information)

Cuadro A.49: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XIV

Type	Parameter MAC (approx. val, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
P	Glyphosate (1987, 2005)		Leaching and/or runoff from various uses in weed control	Health basis of MAC: Reduced body weight gain	Not expected to migrate to groundwater
DBP	Haloacetic acids - Total (HAAs) (2008) 0.08 ALARA	By-product of drinking water disinfection with chlorine	Health basis of MAC: Liver cancer (DCA); DCA is classified as probably carcinogenic to humans Other: Other organ cancers (DCA, DBA, TCA); liver and other organ effects (body, kidney and testes weights) (MCA)	Refers to the total of monochloroacetic acid (MCA), dichloroacetic acid (DCA), trichloroacetic acid (TCA), monobromoacetic acid (MBA) and dibromoacetic acid (DBA); MAC is based on ability to achieve HAA levels in distribution systems without compromising disinfection; precursor removal limits formation	

Cuadro A.50: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XV

Type	Parameter MAC (approximate value, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
T	Hardness (1979)	None required	Naturally occurring (sedimentary rock erosion and seepage, runoff from soils); levels generally higher in groundwater	Although hardness may have significant aesthetic effects, a guideline has not been established because public acceptance of hardness may vary considerably according to the local conditions; major contributors to hardness – calcium and magnesium – are not of direct public health concern	Hardness levels between 80 and 100 mg/L (as CaCO ₃) provide acceptable balance between corrosion and incrustation; where a water softener is used, a separate unsoftened supply for cooking and drinking purposes is recommended
I	Iron (1978, 2005)	AO: ≤ 0.3	Naturally occurring (erosion and weathering of rocks and minerals); acidic mine water drainage, landfill leachates, sewage effluents and iron-related industries		Based on taste and staining of laundry and plumbing fixtures; no evidence exists of dietary iron toxicity in the general population

Cuadro A.51: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XVI

Type	Parameter MAC (appro- val, reaffir- mation)	MAC (mg/L)	Other va- lue (mg/L)	Common sour- ces of parameter in water	Health considera- tions	Comments
I	Lead (1992)	0.010		Leaching from plumbing (pipes, solder, brass fittings and lead service lines)	Health basis of MAC: Biochemical and neurobehavioural effects (intellectual development, behaviour) in infants and young children (under 6 years) Other: Anaemia, central nervous system effects; in pregnant women, can affect the unborn child; in infants and children under 6 years, can affect intellectual development, size and hearing; classified as probably carcinogenic to humans	Because the MAC is based on chronic effects, it is intended to apply to average concentrations in water consumed for extended periods. Exposure to lead should nevertheless be kept to a minimum; plumbing should be thoroughly flushed before water is used for consumption; most significant contribution is generally from lead service line entering the building

Cuadro A.52: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XVII

Type	Parameter MAC (approximate, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health considerations	Comments
I	Magnesium (1978)	None required	Naturally occurring (erosion and weathering of rocks and minerals)			Guideline value not necessary, as there is no evidence of adverse health effects from magnesium in drinking water
P	Malathion (1986, 2005)	0.19	Leaching and/or runoff from agricultural and other uses	Health MAC: system effects (cholinesterase inhibition)	basis of Nervous effects	Not expected to leach into groundwater
I	Manganese (1987)	AO: ≤ 0.05	Naturally occurring (erosion and weathering of rocks and minerals)			Based on taste and staining of laundry and plumbing fixtures
I	Mercury (1986)	0.001	Releases or spills from industrial effluents; waste disposal; irrigation or drainage of areas where agricultural pesticides are used	Health MAC: Irreversible neurological symptoms	basis of	Applies to all forms of mercury; mercury generally not found in drinking water, as it binds to sediments and soil

Cuadro A.53: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XVIII

Type	Parameter MAC (approximate, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of considerations	Comments
P	2-Methyl-4-chlorophenoxyacetic acid (MC-PA) (2010)	0.1	Leaching and/or runoff from agricultural and other uses	Health MAC: effects absolute and relative weights, urinary bilirubin, crystals and pH) Other: Systemic, liver, testicular, reproductive/developmental and nervous system effects	Kidney (increased)	Can potentially leach into groundwater
O	Methyl tertiary-butyl ether (MTBE) (2006)	AO: 0.015	Spills from gasoline refineries, filling stations and gasoline-powered boats; seepage into groundwater from leaking storage tanks	There exist too many uncertainties and limitations in the MTBE database to develop a health based guideline.	Too	AO based on odour; levels above the AO would render water unpalatable; as the AO is lower than levels associated with potential toxicological effects, it is considered protective of human health.
P	Metolachl (1986)	0.05	Leaching and/or runoff from agricultural or other uses	Health MAC: Liver lesions and nasal cavity tumours	Health basis of	Readily binds to organic matter in soil; little leaching expected in soils with high organic and clay content

Cuadro A.54: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XIX

Type	Parameter (approximate value, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
P	Metribuzin (1986, 2005)	0.08		Leaching and/or runoff from agricultural use	Health basis of MAC: Liver effects (increased incidence and severity of mucopolysaccharide droplets)	Leaching into groundwater depends on the organic matter content of the soil
O	Monochlorobenzene (1987)	0.03	AO: ≤ 0.03	Releases or spills from industrial effluents	Health basis of MAC: Reduced survival and body weight gain	AO based on odour; levels above the AO would render water unpalatable
I	Nitrate (1987)	45 as nitrate; 10 as nitrite-nitrogen	Nitrite (if measured separately): 3.2 as nitrite; 1.0 as nitrite-nitrogen	Naturally occurring; leaching or runoff from agricultural fertilizer use, manure and domestic sewage; may be produced from excess ammonia or from microbial activity in distribution systems	Health basis of MAC: Methaemoglobinemia (blue baby syndrome) in infants less than 3 months old (short term) Other: Classified as possible carcinogen	MACs are protective of children and adults; systems using chloramine disinfection or that have naturally occurring ammonia should monitor nitrite and nitrate in distribution system

Cuadro A.55: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XX

Type	Parameter	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources in water	Health considerations	Comments
I	Nitrite acid (NTA) (1990)	0.000 04		Sewage contamination	Health MAC: effects and Other: Classified as possible carcinogen	Kidney (nephritis and nephrosis)
DBP	N- Nitroso di- methy- lamine (ND- MA) (2010)	0.000 04		By-product of drinking water disinfection with chlorine or chloramines; industrial and sewage treatment plant effluents	Health MAC: Liver cancer (classified as probable carcinogen)	MAC considers additional exposure through showering and bathing; levels should be kept low by preventing formation during treatment
A	Odour (1979, 2005)		Inoffensive	Biological or industrial sources		Important to provide drinking water with no offensive odour, as consumers may seek alternative sources that are less safe

Cuadro A.56: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXI

Type	Parameter (approval, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of considerations	Comments
P	Paraquat (1986, 2005)	0.01 paraquat dichloride; 0.007 as paraquat ion		Leaching and/or runoff from agricultural and other uses; added directly to water to control aquatic weeds	Health MAC: effects on weight, spleen, testes, liver, lungs, kidney, thyroid, heart and adrenal gland	Various body functions (clay binding); however, may persist in water for several days if directly applied to water	Entry into drinking water unlikely from crop applications (clay binding); however, may persist in water for several days if directly applied to water
O	Pentachlorophenol (1987, 2005)		AO: ≤ 0.03	By-product of drinking water disinfection with chlorine; industrial effluents	Health MAC: Reduced body weight, changes in clinical parameters, histological changes in kidney and liver, reproductive effects (decreased neonatal survival and growth)	Health basis of AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable	
T	pH (1979)		6.5-8.5 Not applicable			pH can influence the formation of disinfection by-products and effectiveness of treatment	

Cuadro A.57: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXII

Type	Parameter MAC (approx. val, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
P	Phorate (1986, 2005)	0.002	Leaching and/or runoff from agricultural and other uses	Health basis of MAC: Nervous system effects (cholinesterase inhibition)	Some potential to leach into groundwater
P	Picloram (1988, 2005)	0.19	Leaching and/or runoff from agricultural and other uses	Health basis of MAC: Changes in body and liver weights and clinical chemistry parameters Other: Kidney effects (liver to body weight ratios and histopathology)	Significant potential to leach into groundwater
I	Selenium (1992)	0.01	Naturally occurring (erosion and weathering of rocks and soils)	Health basis of MAC: Essential nutritional element Other: Hair loss and weakened nails at extremely high levels of exposure	Most exposure from food; little information on toxicity of selenium from drinking water

Cuadro A.58: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXIII

Type	Parameter (approval, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health considerations	Comments
I	Silver (1986, 2005)	None required		Naturally occurring (erosion and weathering of rocks and soils)			Guideline value not required as drinking water contributes negligibly to an individual's daily intake
P	Simazine (1986)	0.01		Leaching and/or runoff from agricultural and other uses	Health basis of MAC: Body weight changes and effects on serum and thyroid gland		Extent of leaching decreases with increasing organic matter and clay content
I	Sodium (1979)		AO: ≤ 200	Naturally occurring (erosion and weathering of salt deposits and contact with igneous rock, seawater intrusion); sewage and industrial effluents; sodium-based water softeners			Based on taste; where a sodium-based water softener is used, a separate softened supply for cooking and drinking purposes is recommended

Cuadro A.59: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXIV

Type	Parameter MAC (approximate, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources in water	Health considerations	Comments
I	Sulphate (1994)	AO: ≤ 500	Industries	High levels (above 500 mg/L) can cause physiological effects such as diarrhoea or dehydration	Based on taste; health authorities should be notified of drinking water sources containing above 500 mg/L
I	Sulphide (1992)	AO: ≤ 0.05	Can occur in the distribution system from the reduction of sulphates by sulphate-reducing bacteria; industrial wastes		Based on taste and odour; levels above the AO would render water unpalatable
A	Taste (1979, 2005)	Inoffensive	Biological or industrial sources		Important to provide drinking water with no offensive taste, as consumers may seek alternative sources that are less safe

Cuadro A.60: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXV

Type	Parameter (approx- val, reaffir- mation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considera- tions	Comments
T	Temperature (1979, 2005)		AO: 15°C	≤ Not applicable		Temperature indirectly af- fects health and aesthe- tics through impacts on di- sinfection, corrosion control and formation of biofilms in the distribution system
P	Terbufos (1987, 2005)	0.001		Leaching and/or runoff from agri- cultural and ot- her uses	Health MAC: system (cholinesterase inhibition)	Based on analytical achieve- bility
O	Tetrachloro- ethylene (1995)	0.03		Industrial ef- fluents or spills	Health MAC: liver and kidney weights Other: Classified as pos- sible carcinogen; limited evidence of an increased risk of spontaneous abortion	Readily leaches into ground- water; MAC considers ad- ditional exposure through showering and bathing

Cuadro A.61: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXVI

Type	Parameter MAC (approximate, reaffirmation)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	considerations	Comments
O	2,3,4,6-Tetrachlorophenol (1986, 2005)	0.1 AO: 0.001	By-product of drinking water disinfection with chlorine; industrial effluents and use of pesticides	Health MAC: mental (embryotoxicity)	Development of effects	AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable
O	Toluene (1986, 2005)	AO: 0.024	Release of effluents or spills from petroleum and chemical industries			AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable
A	Total dissolved solids (TDS) (1991)	AO: ≤ 500	Naturally occurring; sewage, urban and agricultural runoff, industrial wastewater			Based on taste; TDS above 500 mg/L results in excessive scaling in water pipes, water heaters, boilers and appliances; TDS is composed of calcium, magnesium, sodium, potassium, carbonate, bicarbonate, chloride, sulphate and nitrate

Cuadro A.62: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXVII

Type	Parameter (approval, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of considerations	Comments
O	Trichloroethylene (2005)	0.005	0.005	Industrial effluents and spills from improper disposal	Health MAC: mental (heart malformations) Other: Classified as probable carcinogen	Developmental effects malformations) Other: Classified as probable carcinogen	MAC considers additional exposure through showering and bathing
O	2,4,6-Trichlorophenol (1987, 2005)	0.005	AO: 0.002	By-product of drinking water disinfection with chlorine; industrial effluents and spills	Health MAC: (classified as probable carcinogen)	Health basis of Liver cancer (classified as probable carcinogen)	AO based on odour; levels above the AO would render drinking water unpalatable
P	Trifluralin (1989, 2005)	0.045		Runoff from agricultural uses	Health MAC: liver and spleen weights and in serum chemistry	Health basis of Changes in liver and spleen weights and in serum chemistry	Unlikely to leach into groundwater

Cuadro A.63: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXVIII

Type	Parameter (approximate value, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Health basis of consideration	Comments
DBP	Trihalomethanes 2 footnote 3 (THMs) (2006)	0.1		By-product of drinking water disinfection with chlorine; industrial effluents	MAC: Liver effects (fatty cysts) (chloroform possible carcinogen) Other: Kidney and colorectal cancers	Health basis of consideration	Considers the most commonly found THMs, namely chlorodibromomethane, chloroform, bromodichloromethane and bromochloromethane based on health effects of chloroform and considers additional exposure through showering and bathing; precursor removal limits formation
I	Uranium (1999)	0.02		Naturally occurring (erosion and weathering of rocks and soils); mill tailings; emissions from nuclear industry and combustion of coal and other fuels; phosphate fertilizers	Health MAC: effects (various lesions); rapidly after ceases	Health basis of consideration	Based on treatment achievability; MAC based on chemical effects, as uranium is only weakly radioactive; uranium is rapidly eliminated from the body

Cuadro A.64: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXIX

Type	Parameter (approximate, reaffirmation)	MAC (mg/L)	Other value (mg/L)	Common sources of parameter in water	Health considerations	Comments
O	Vinyl chloride (1992)	0.002		Industrial effluents; degradation product from trichloroethylene and tetrachloroethylene in groundwater; leaching from polyvinyl chloride pipes	Health basis of MAC: Liver cancer (classified as human carcinogen) Other: Raynaud's disease, effects on bone, circulatory system, thyroid, spleen, central nervous system	Based on treatment and analytical achievability; leaching from polyvinyl chloride pipe is not expected to be significant
O	Xylene (1986, 2005)		AO: ≤ 0.3	Industrial effluents and spills		AO based on taste and odour; levels above the AO would render water unpalatable
I	Zinc (1979, 2005)		AO: ≤ 5.0	Naturally occurring; industrial and domestic emissions; leaching may occur from galvanized pipes, hot water tanks and brass fittings		AO based on taste; water with zinc levels above the AO tends to be opalescent and develops a greasy film when boiled; plumbing should be thoroughly flushed before water is consumed

Cuadro A.65: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Chemical and Physical Parameters (11). Cuadro XXX

Las Recomendaciones para los parámetros radiológicos se centran en las condiciones de funcionamiento rutinarias de los suministros de agua existentes y nuevos y no se aplican en caso de contaminación durante una emergencia relacionada con una gran liberación de radionucleidos en el medio ambiente. Las concentraciones máximas aceptables (MAC) se han establecido para los radionucleidos naturales y artificiales más comúnmente detectados en las fuentes de agua potable de Canadá, utilizando ecuaciones y principios aceptados internacionalmente y basado únicamente en consideraciones de salud.

Los MACs se basan en la exposición únicamente a un radionucleido específico. Los efectos radiológicos de dos o más radionucleidos en la misma fuente de agua potable son considerados como aditivos. Por lo tanto, la suma de las proporciones de la concentración observada a la MAC para cada radionucleido contribuyendo no debe exceder de 1.

Las muestras de agua se pueden analizar inicialmente para la presencia de radiactividad usando alfa y beta de cribado bruta en lugar de mediciones de radionucleidos individuales. Si los niveles de evaluación se exceden (0,5 Bq/L para la radiación alfa y 1,0 Bq/L para la beta), a continuación, se deben analizar las concentraciones de radionucleidos específicos. No se ha establecido una guía para el radón puesto que no se considera necesario. La información sobre el radón se presenta debido a su importancia para la calidad del aire interior bajo ciertas situaciones.

Parameter (approval)	MAC (Bq/L)	Common sources	Health basis of MAC	Comments
Cesium-137 (2009)	10	Nuclear weapons fallout and emissions from nuclear reactors	Cancer of the lung, breast, thyroid, bone, digestive organs and skin; leukaemia	
Iodine-131 (2009)	6	Sewage effluent	Cancer of the lung, breast, thyroid, bone, digestive organs and skin; leukaemia	
Lead-210 (2009)	0.2	Naturally occurring (decay product of radon)	Cancer of the lung, breast, thyroid, bone, digestive organs and skin; leukaemia	Corresponds to total lead concentration of $7 \times 10^{-8} \mu\text{g/L}$
Radium-226 (2009)	0.5	Naturally occurring	Cancer of the lung, breast, thyroid, bone, digestive organs and skin; leukaemia	
Radon (2009)	None required	Naturally occurring (leaching from radium-bearing rocks and soils; decay product of radium-226)	Health risk from ingestion considered negligible due to high volatility	Mainly a groundwater concern; if concentrations in drinking water exceed 2000 Bq/L actions should be taken to reduce release into indoor air (e.g. proper venting of drinking water supply)
Strontium-90 (2009)	5	Nuclear weapons fallout	Cancer of the lung, breast, thyroid, bone, digestive organs and skin; leukaemia	
Tritium (2009)	7000	Naturally occurring (cosmogenic radiation); releases from nuclear reactors	Cancer of the lung, breast, thyroid, bone, digestive organs and skin; leukaemia	Not removed by drinking water treatment

Cuadro A.66: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Radiological Parameters (11). Cuadro I

Los parámetros que se ha desechado su análisis por no encontrarse en el agua del Canadá son los siguientes:

Parameter	Type
Aldicarb	Pesticide
Aldrin + dieldrin	Pesticide
Bendiocarb	Pesticide
Cyanazine	Pesticide
Dinoseb	Pesticide
Gasoline and its organic constituents	Organic chemical
Methoxychlor	Pesticide

Cuadro A.67: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. Archived Documents (11)

Los acrónimos utilizados en la legislación del Canadá son:

- A acceptability (parameter type)
- ALARA as low as reasonably achievable
- AO aesthetic objective
- CDW Committee on Drinking Water (FPT)
- D disinfectant (parameter type)
- DBP disinfectant by-product (parameter type)
- HPC heterotrophic plate count
- I inorganic chemical (parameter type)
- MAC maximum acceptable concentration
- NTU nephelometric turbidity units
- O organic chemical (parameter type)
- OG operational guidance value
- P pesticide (parameter type)
- T treatment-related (parameter type)
- TCU total colour units

A.3.2.7. Autor: Australia (3).**Performance measure for Escherichia coli within the distribution system.**

Escherichia coli (E. coli) should not be detected in a minimum 100 mL sample of drinking water.

If detected, immediate corrective action must be taken.

Guideline values for physical and chemical characteristics.

- HU=Hazen units; NTU=nephelometric turbidity units; THMs=trihalomethanes.
- a: Aesthetic values are not listed if the compound does not cause aesthetic problems, or if the value determined from health considerations is the same or lower.
- b: If present at all in Australian drinking waters, concentrations of all organic compounds other than disinfection byproducts are likely to be very low relative to the guideline value.
- c: Insufficient data to set a guideline value based on health considerations.
- d: The guideline value is below the limit of quantitation. Improved analytical procedures are required for this compound.
- e: The concentration of all chlorination byproducts can be minimised by removing naturally occurring organic matter from the source water, reducing the amount of chlorine added, or using an alternative disinfectant (which may produce other byproducts). Action to reduce trihalomethanes and other byproducts is encouraged, but must not compromise disinfection.

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Acephate	0.008		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Acrylamide	0.0002		Minor impurity of polyacrylamide, used sometimes as a flocculant aid.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Aldicarb	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Aldrin and Dieldrin	0.0003 (combined)		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Aluminium (acid-soluble)	c	0.2	Guideline value based on post-flocculation problems; <0.1 mg/L desirable. Lower levels needed for renal dialysis. No health-based guideline value can be established currently.
Ametryn	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Amitraz	0.009		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Amitrole	0.0009		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Ammonia (as NH ₃)	(as c	0.5	presence may indicate sewage contamination and/or microbial activity. High levels may corrode copper pipes and fittings.
Antimony	0.003		exposure may rise with increasing use of antimony tin solder.
Arsenic	0.01		from natural sources and mining/industrial/agricultural wastes.
Asbestos	c		from dissolution of minerals/industrial waste, deterioration of asbestos-cement pipes in distribution systems. No evidence of cancer when ingested (unlike inhaled asbestos).
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Asulam	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Atrazine	0.02		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Azinphos-methyl	0.03		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Barium	2		primarily from natural sources.
Benomyl	0.09		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Bentazone	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Benzene	0.001		Could occur in drinking water from atmospheric deposition (motor vehicle emissions) and chemical plant effluent. Human carcinogen.
Beryllium	0.06		from weathering of rocks, atmospheric deposition (burning of fossil fuels) discharges.
Bioresmethrin	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Boron	4		from natural leaching of minerals and contamination. <1 mg/L in uncontaminated sources; higher levels may be associated with seawater intrusion.
Bromacil	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Bromate	0.02		possible by-product of disinfection using ozone, otherwise unlikely to be found in drinking water.
Bromophos-ethyl	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Bromoxynil	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Cadmium	0.002		indicates industrial or agricultural contamination; from impurities in galvanised (zinc) fittings, solders and brasses.
Captan	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Carbaryl	0.03		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Carbendazim	0.09		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Carfentrazone-ethyl	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Carbofuran	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Carbon tetra-chloride	0.003		Sometimes occurs as impurity in chlorine used for disinfection (it is not a disinfection by-product).
Carbophenothion	0.0005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Carboxin	0.3		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Chloramine - see monochloramine			
Chlorantraniliprole ⁶			pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chlorate	c e		by-product of chlorination. Insufficient data to set a health-related guideline value.
Chlordane		0.002	pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chlorfenvinphos		0.002	pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chloride	c	250	from natural mineral salts, effluent contamination. High concentrations more common in groundwater and certain catchments.
Chlorinated furanones (MX)	c e		by-product of chlorination. Insufficient data to set a health-related guideline value.
Chlorine	5 (4.1 for chloraminated systems)	0.6	Widely used to disinfect water, and this can produce (free) chlorinated organic by-products. Odour threshold generally 0.6 mg/L, but 0.2 mg/L for a few people. In some supplies it may be necessary to exceed the aesthetic guideline in order to maintain an effective disinfectant residual throughout the system.
Chlorine dioxide	c	0.4	oxidising agent and disinfectant in water treatment.
Chlorite		0.8	by-product of chlorine dioxide disinfection. Action to reduce chlorite is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than chlorite.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Chloroacetic acids	e		by-product of chlorination. Action to reduce chloroacetic acids is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than chloroacetic acids.
chloroacetic acid	0.15		
dichloroacetic acid	0.1		
trichloroacetic acid	0.1		
Chlorobenzene	0.3	0.01	Could occur in drinking water from spills or discharges.taste/odour threshold (0.01 mg/L) is well below health level.
Chloroketones	e		by-product of chlorination.
1,1-dichloropropanone	c		
1,3-dichloropropanone	c		
1,1,1-trichloropropanone	c		
1,1,3-trichloropropanone	c		
Chlorophenols	e		
2-chlorophenol	0.3	0.0001	
2,4-dichlorophenol	0.2	0.0003	by-product of chlorination of water containing phenol or related chemicals. Action to reduce chlorophenols is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than chlorophenols.
2,4,6-trichlorophenol	0.02	0.002	

Continúa ...

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Chloropicrin	c		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns. Data are inadequate to set a health-based guideline.
Chlorothalonil	0.05		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chloroxuron	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chlorpyrifos	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chlorsulfuron	0.2		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Chromium (as Cr(VI))	0.05		from industrial/agricultural contamination of raw water or corrosion of materials in distribution system/plumbing. If guideline value exceeded, analyse for hexavalent chromium.
Clopyralid	2		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Colour (true)		15 HU	An important aesthetic characteristic for customer acceptance. Treatment processes can be optimised to remove colour.
Copper	2	1	from corrosion of pipes/fittings by salt, low ph water.taste threshold 3 mg/L. High concentrations colour water blue/green. >1 mg/L may stain fittings. >2 mg/L can cause ill effects in some people.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Cyanide	0.08		from industrial waste and some plants and bacteria.
Cyanogen chloride (as cyanide)	0.08		by-product of chloramination. Action to reduce cyanogen chloride is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than cyanogen chloride.
Cyfluthrin, Beta-cyfluthrin	0.05		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Cypermethrin isomers	0.2		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Cyprodinil	0.09		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
2,4-D [(2,4-Dichlorophenoxy) acetic acid]	0.03		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
DDT	0.009		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Deltamethrin	0.04		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Diazinon	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dicamba	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dichlobenil	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Dichlorobenzenes			Could occur in drinking water from spills, discharges, atmospheric deposition, leaching from contaminated soils. Health levels are well above offensive taste/odour thresholds.
1,2-dichlorobenzene	1.5	0.001	
1,3-dichlorobenzene	c	0.02	
1,4-dichlorobenzene	0.04	0.0003	
Dichloroethanes			Could occur in drinking water from industrial effluents, spills, discharges.
1,1-dichloroethane	c		Could occur in drinking water from industrial effluents, spills, discharges.
1,2-dichloroethane	0.003		Could occur in drinking water from industrial effluents, spills, discharges.
Dichloroethenes			rarely found in drinking water; found occasionally in groundwater from wells heavily contaminated by solvents.
1,1-dichloroethene	0.03		
1,2-dichloroethene	0.06		
Dichloromethane (methylene chloride)	0.004		Widely used solvent, commonly found in ground and surface waters overseas. volatilises from surface waters and biodegrades in the atmosphere.
1,3-Dichloropropene	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dichloroprop / Dichloroprop-P	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.		Guideline values (mg/L)		Comments
		Health	Aesthetic	
Dichlorvos		0.005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Diclofop-methyl		0.005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dicofol		0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dieldrin	see Aldrin			
Difenzoquat		0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Diflubenzuron		0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dimethoate		0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Diphenamid		0.3		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Diquat		0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Dissolved oxygen		not necessary	>85 %	low concentrations allow growth of nuisance microorganisms (iron/manganese/sulfate/nitrate-reducing bacteria), causing taste and odour problems, staining, corrosion. Low oxygen concentrations are normal in groundwater supplies and the guideline value may not be achievable.
Continúa ...				

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Disulfoton	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Diuron	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
2,2-DPA	0.5		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
EDB	0.001		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Endosulfan	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Endothal	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Epichlorohydrin	0.0005d		used in manufacture of some resins used in water treatment.
EPTC	0.3		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Esfenvalerate	0.03		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Ethion	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Ethoprophos	0.001		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Ethylbenzene	0.3	0.003	natural component of petrol and petroleum products.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA)	0.25		Metal-complexing agent widely used in industry and agriculture, and as a drug in chelation therapy.
Etridiazole	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenamiphos	0.0005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenarimol	0.04		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenchlorphos	c		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenitrothion	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenoprop	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fensulfothion	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenthion	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fenvalerate	0.06		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fipronil	0.0007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Flamprop-methyl	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Fluometuron	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fluoride	1.5		occurs naturally in some water from fluoride-containing rocks. Often added at up to 1 mg/L to protect against dental caries. >1.5 mg/L can cause dental fluorosis. >4 mg/L can cause skeletal fluorosis.
Fluproponate	0.009		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Formaldehyde	0.5		by-product of ozonation.
Formothion	0.05		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Fosamine	0.03		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Glyphosate	1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Haloacetonitriles e dichloroacetonitrile trichloroacetonitrile dibromoacetonitrile bromochloroacetonitrile			by-product of chlorination.
Haloxifop	0.001		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Hardness (as CaCO ₃)	(as not necessary)	200	Caused by calcium and magnesium salts. Hard water is difficult to lather. <60 mg/L CaCO ₃ soft but possibly corrosive. 60-200 mg/L CaCO ₃ good quality. 200-500 mg/L CaCO ₃ increasing scaling problems. >500 mg/L CaCO ₃ severe scaling.
Heptachlor		0.0003	pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Hexachlorobutadiene		0.0007	industrial solvent.
Hexaflurate		0.03	pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Hexazinone		0.4	pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Hydrogen sulfide	c	0.05	formed in water by sulfate-reducing microorganisms or hydrolysis of soluble sulfide under anoxic conditions. Obnoxious "rotten egg" odour, threshold 0.05 mg/L.
Imazapyr		9	pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Iodide		0.5	from mineral and salt deposits.
Iodine	c		Can be used as an emergency water disinfectant. Taste threshold 0.15 mg/L.
Iprodione		0.1	pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Iron	c	0.3	occurs naturally in water, usually at <1 mg/L, but up to 100 mg/L in oxygen-depleted groundwater. taste threshold 0.3 mg/L. High concentrations stain laundry and fittings. Iron bacteria cause blockages, taste/odour, corrosion.
Lead	0.01		occurs in water via dissolution from natural sources or household plumbing containing lead (e.g. pipes, solder).
Lindane	0.01		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Maldison (Malthion)	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Mancozeb	for ETU: 0.009		Mancozeb degrades in the environment to ethylene thiourea (ETU), hence the health-based guideline is based on the toxicity of ETU. Pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Manganese	0.5	0.1	occurs naturally in water; low in surface water, higher in oxygen-depleted water (e.g. groundwater at bottom of deep storages). >0.1 mg/L causes taste, staining. <0.05 mg/L desirable.
MCPA	0.04		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Mercury	0.001		from industrial emissions/spills.very low concentrations occur naturally. Organic forms most toxic, but these are associated with biota, not water.
Metaldehyde	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Metham	for MTIC: 0.001		Metham degrades to methylisothiocyanate (MitC) in the environment, hence the health-based guideline is based on the toxicity of MitC.
pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.			
Methidathion	0.006		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Methiocarb	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Methomyl	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Methoxychlor	0.3		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Methyl bromide	0.001		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Metiram	for ETU: 0.009		Metiram degrades in the environment to ethylene thiourea (ETU), hence the health-based guideline is based on the toxicity of ETU. Pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Metolachlor/s Metolachlor	0.3		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Metribuzin	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Metsulfuron-methyl	0.04		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Mevinphos	0.005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Microcystins	1.3 $\mu\text{g/L}$		hepatotoxic peptide produced by a range of cyanobacteria, expressed as microcystin-lr toxicity equivalents.
Molinate	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Molybdenum	0.05		Concentrations usually <0.01 mg/L; higher concentrations from mining, agriculture, or fly-ash deposits from coal-fuelled power stations.
Monochloramine	3		used as water disinfectant. Odour threshold 0.5 mg/L.
Monocrotophos	0.002		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Naphthalophos	c		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns. No value set, as the health concerns have not been fully evaluated.
Napropamide	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Nicarbazin	1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Nickel	0.02		Concentrations usually very low; but up to 0.5 mg/L reported after prolonged contact of water with nickel-plated fittings.
Nitralin	0.5		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Nitrate (as nitrate)	50		occurs naturally. Increasing in some waters (particularly groundwater) from intensive farming and sewage effluent. Guideline value will protect bottle-fed infants under 3 months from methaemoglobinaemia. Adults and children over 3 months can safely drink water with up to 100 mg/L nitrate.
Nitrilotriacetic acid	0.2		Chelating agent in laundry detergents (replacing phosphate). May enter water through sewage contamination.
Nitrite (as nitrite)	3		rapidly oxidised to nitrate (see above).
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
N-Nitrosodimethylamine (NDMA)	0.0001 mg/L (100 ng/L)		by-product of chloramination and to a lesser extent chlorination. Action to reduce n-nitrosodimethylamine is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than n-nitrosodimethylamine.
Norflurazon	0.05		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Omethoate	0.001		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Organotin dialkyltin tributyltin oxide	c 0.001		Stabilisers in plastics. May leach from new polyvinyl chloride (PVC) pipes for a short time. tributyltins are biocides used as antifouling agents on boats and in boiler waters.
Oryzalin	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Oxamyl	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns (for further information, see information Sheet 1.6).
Ozone			As ozone used for disinfection leaves no residual, no guideline value or fact sheet has been provided.
Paraquat	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Parathion	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Parathion-methyl	0.0007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pebulate	0.03		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pendimethalin	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pentachlorophenol	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Permethrin	0.2		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
pH	c	pH 6.5 8.5	While extreme ph values (<4 and >11) may adversely affect health, there are insufficient data to set a health guideline value. <6.5 may be corrosive. >8 progressively decreases efficiency of chlorination. >8.5 may cause scale and taste problems. New concrete tanks and cement-mortar lined pipes can significantly increase ph and a value up to 9.2 may be tolerated provided monitoring indicates no deterioration in microbial quality.
Picloram	0.3		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Piperonyl butoxide	0.6		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Pirimicarb	0.007		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Pirimiphos-ethyl	0.0005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pirimiphos methyl	0.09		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Plasticisers			used in all flexible PVC products, and may leach from these over a long time. Could also occur in drinking water from spills.
di(2-ethylhexyl) phthalate	0.01		used in all flexible PVC products, and may leach from these over a long time. Could also occur in drinking water from spills.
di(2-ethylhexyl) adipate	c		used in all flexible PVC products, and may leach from these over a long time. Could also occur in drinking water from spills.
Polihexanide	0.7		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) benzo(a)-pyrene	0.00001 (10 ng/L)		Widespread. Contamination can occur through atmospheric deposition, or leaching from bituminous linings in distribution systems.
Profenofos	0.0003		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Promecarb	c		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Propachlor	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Propanil	0.7		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Propargite	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Propazine	0.05		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Propiconazole	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Propyzamide	0.07		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pyrasulfotole	0.04		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pyrazophos	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Pyroxsulam	4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Quintozene	0.03		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Selenium	0.01		Generally very low concentrations in natural water.
Silica		80	An important characteristic for both aesthetics and treatment processes. Can form films on glass and can also affect reverse osmosis.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Silver	0.1		Concentrations generally very low. Silver and silver salts occasionally used for disinfection.
Simazine	0.02		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Sodium	not necessary	180	natural component of water. Guideline value is taste threshold.
Spirotetramat	0.2		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Styrene (vinylbenzene)	0.03	0.004	Could occur in drinking water from industrial contamination.
Sulfate	500	250	natural component of water, and may be added via treatment chemicals. Guideline value is taste threshold. >500 mg/L can have purgative effects.
Sulprofos	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
2,4,5-T	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Taste and odour	not necessary	not offensive to most people	May indicate undesirable contaminants, but usually indicate problems such as algal or biofilm growths.
Temephos	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Temperature	not necessary	no value set	Generally impractical to control; rapid changes can bring complaints.
Terbacil	0.2		pesticide, has occasionally been reported in Australian drinking waters, but unlikely to be found at levels that may cause health concerns.
Terbufos	0.0009		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Terbuthylazine	0.01		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Terbutryn	0.4		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Tetrachloroethene	0.05		Dry-cleaning solvent and metal degreaser. Could occur in drinking water from contamination or spills.
Tetrachlorvinphos	0.1		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Thiobencarb	0.04		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Thiometon	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Thiophanate	0.005		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Thiram	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Tin	not necessary		Concentrations in water very low; one of the least toxic metals.
Toltrazuril	0.004		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Toluene	0.8	0.025	occurs naturally in petrol and natural gas, forest-fire emissions. Could occur in drinking water from atmospheric deposition, industrial contamination, leaching from protective coatings in storage tanks.
Total dissolved solids	not necessary	600	based on taste: <600 mg/L is regarded as good quality drinking water. 600-900 mg/L is regarded as fair quality 900-1200 mg/L is regarded as poor quality >1200 mg/L is regarded as unacceptable.
Triadimefon	0.09		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Trichlorfon	0.007		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Trichloroacetaldehyde (chloral hydrate)	0.02		by-product of chlorination. Action to reduce trichloroacetaldehyde is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than trichloroacetaldehyde.
Trichlorobenzenes (total)	0.03	0.005	industrial chemical.
1,1,1-Trichloroethane	c		Could occur in drinking water from contamination/spills.
Continúa ...			

Cuadro A.68: Australian Drinking Water Guidelines 6: Guideline values for physical and chemical characteristics(3) (continuación)

Charact.	Guideline values (mg/L)		Comments
	Health	Aesthetic	
Trichloroethylene	c		industrial solvent, cleaning fluid, metal degreaser. Could occur in drinking water from direct contamination or via atmospheric contamination of rainwater.
Triclopyr	0.02		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Trifluralin	0.09		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Trihalomethanes (thMs) (total)	0.25	e	by-product of chlorination and chloramination. Action to reduce trihalomethanes is encouraged, but must not compromise disinfection, as non-disinfected water poses significantly greater risk than trihalomethanes.
Turbidity	c	5 ntu	5 ntu is just noticeable in a glass. <0.2 ntu is the target for effective filtration of <i>Cryptosporidium</i> and <i>Giardia</i> . <1 ntu is the target for effective disinfection.
Uranium	0.017		occurs naturally, or from release from mill tailings, combustion of coal and phosphate fertilizers.
Vernolate	0.04		pesticide, unlikely to be found in drinking water at levels that may cause health concerns.
Vinyl chloride	0.0003		from chemical spills. Used in making PVC pipes. Human carcinogen.
Xylene	0.6	0.02	Could occur in drinking water as a pollutant, or from solvent used for bonding plastic fittings.
Zinc	c	3	usually from corrosion of galvanised pipes/fittings and brasses. Natural concentrations generally <0.01 mg/L. Taste problems >3 mg/L.

Fin del cuadro

Guideline values radiological quality of drinking water.

The total estimated dose per year from all radionuclides in drinking water, excluding the dose from potassium-40, should not exceed 1.0 mSv.

If this guideline value is exceeded, the water provider, in conjunction with the relevant health authority, should evaluate possible remedial actions on a cost-benefit basis to assess what action can be justified to reduce the annual exposure.

A.3.3. Legislación Militar Nacional

A.3.3.1. Autor: Eurocuerpo, FINABEL (34).

Constituent or characteristic	Unit	Short term consumption		Long term consumption	
		5 l/day	15 l/day	5 l/day	15 l/day
a. microbiological					
- coliforms	No/100 mi	0	0	0	D
b. physical					
- colour	CU	50	50	15	15
- turbidity	NTU	1	1	1	1
- total dissolved solids	mg/L	1000	1000	1000	1000
- pH	-	5-3	5-3	5-3	5-9
- odour	TON	3	3	3	3
c. chemical					
- arsenic	mg/L	0.3	0.1	0.06	0 02
- cyanide	mg/L	6	2	6	2
- chloride	mg/L	600	600	600	600
- lindane	mg/L	0.6	0.2	0.6	0.2
- magnesium	mg/L	100	30	100	30
- sulfate	mg/L	300	100	300	100
- BZ (incapacitans)	µg/L	7	2.3	*	*
- lewisite (arsenic fraction)	µg/L	80	27	*	*
- sulfur mustard	µg/L	140	47	*	*
- nerve agents	µg/L	12	4	*	*
- T-2 toxins	µg/L	26	3.7	*	*
d. radiological					
- total	Bq/l	300000	100000	5000	2000

Cuadro A.69: Criterios mínimos de potabilidad de aguas durante operaciones de artículo 5 o consumo eventual –inferior a 7 días– en cualquier operación terrestre (34)

A.3. CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA DESTINADA PARA EL CONSUMO HUMANO.641

**A.3.3.2. Autor: Organización del Tratado del Atlántico Norte (NATO),
Acuerdo de normalización 2136 (STANAG 2136) (64).**

Anexo A: Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia.

Constituent Characteristic	Unit	Standard	Potential Health Effects
Microbiological			
E.coli	No/100 mL	0	Mostly gastrointestinal effects due to presence of pathogenic micro-organisms, E.coli is indicative of the presence of pathogenic micro-organisms
Physical			
colour	CU	50	Risk of dehydration due to reduced water consumption caused by decreased palatability; symptoms of dehydration include weariness apathy, impaired co-ordination, delirium, heat stroke
turbidity	NTU	1	Risk of dehydration due to reduced water consumption caused by decreased palatability, Mostly gastrointestinal effects due to presence of pathogenic microorganisms, caused by decreased disinfection efficiency.
conductivity	$\mu\text{S}/\text{cm}$	1500	Risk of dehydration due to reduced water consumption caused by decreased palatability
pH	-	5-9	More corrosive activity on lower pH and decreased disinfection efficiency at higher pH.
odour and taste	-	Acceptable	Risk of dehydration due to reduced water consumption caused by decreased palatability.

Cuadro A.70: Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-01 (64)

Constituent Characteristic	Unit	Standard		Potential Health Effects
		5 L/day	15 L/day	
Chemical				
arsenic (As-fraction)	mg/L	0.3	0.1	Facial swelling, vomiting, loss of appetite, abdominal pain, diarrhea, shock, muscle cramps, headache, chill, cardiac abnormalities, anaemia, decreased white blood cell count, enlargement of liver, delayed effects including sensory and motor peripheral polyneuropathies.
chloride	mg/L	600	600	Risk of dehydration due to reduced water consumption caused by decreased palatability.
cyanide	mg/L	6	2	Headache, breathlessness, weakness, palpitation, nausea, vomiting, giddiness, tremor, rapid heart beat, dizziness, confusion, anxiety, agitation, cardiac arrhythmias, seizures, stupor, coma.
magnesium	mg/L	100	30	Laxative effect that can lead to symptoms of dehydration including weariness apathy, impaired coordination, delirium, heat stroke.
inorganic mercuric compounds (Hg-fraction)	mg/L	0.003	0.001	Mercury compounds mainly have health effects on the kidney and the central nervous system.
sulfate	mg/L	300	100	Laxative effect that can lead to symptoms of dehydration including weariness apathy, impaired coordination, delirium, heat stroke.

Cuadro A.71: Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-02 (64).
Cuadro I

Constituent Characteristic	Unit	Standard		Potential Health Effects
		5 L/day	15 L/day	
cholinesterase inhibition	Tbd	Tbd	Tbd	Tbd.
total organic halogen (Lindane as reference)	mg/L	0.450	0.150	Variable depending on the specific halogenated hydrocarbon(s).
arsenite (arsenic fraction)	mg/L	0.080	0.027	Nausea, vomiting, diarrhoea, abdominal pain, intense thirst, weakness, hypotension, hypothermia.

Cuadro A.72: Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-02 (64).
Cuadro II

Constituent Characteristic		Unit	Standard 5 L/day	Standard 15 L/day	Potential Health Effects
sulfur tard	mus-	mg/L	0.140	0.047	Nausea, vomiting of blood, diarrhoea, abdominal pain, fever, headache, cardiac arrhythmias, dizziness, malaise, loss of appetite, lethargy, convulsion, leukopenia, anemia, immunosuppression.
	nerve agents	mg/L	0.012	0.004	
T-2 toxins		mg/L	0.026	0.0087	Nausea, vomiting, diarrhea, abdominal cramps, headache, giddiness, dizziness, excessive salivation, tearing, miosis, blurred or dim vision, difficult breathing, cardiac arrhythmias, loss of muscle coordination, muscle twitching, random jerking movements, convulsions, coma. Nausea, vomiting, diarrhea, generalised, burning erythema, mental confusion
Radiological					
Alpha Beta	Bq/L	Bq/L	28500	9500	Nausea, vomiting, diarrhea The standard of each type of radiation corresponds with an exposure of 250 mSv.
	Bq/L	Bq/L	255000	85000	
Gamma	Bq/L	Bq/L	300000	100000	

Cuadro A.73: Criterios mínimos de potabilidad del agua durante cortas etapas (<7 días). Consumo durante situaciones de emergencia. STANAG 2136 Anexo A-03 (64)

Anexo B: Criterios mínimos de potabilidad del agua para largos períodos y frecuencia de control de comprobación.

Cuadro A.74: Criterios mínimos de potabilidad del agua para largos períodos y frecuencia de control de comprobación. STANAG 2136 Anexo B-01 (64)

Constituents/characteristics	Unit	Min standard (5 L/day)	Test		
			A	B	C
Microbiological					
Escherichia coli (E. Coli)	No/100 0 mL		X	X	
Enterococci	No 0 /100 mL		X	X	
Coliform bacteria	No 0 /100 mL		X	X	X
Total plate count 22 °C	No 1000 /mL		X	X	
Physical					
Colour	CU	20	X	X	
Conductivity	μS/cm	1500	X	X	X
Odour	-	Acceptable	X	X	X
pH	-	6.5 - 9.5	X	X	X
Taste	-	Acceptable	X	X	X
Temperature	°C	4-30	X	X	
Turbidity	NTU	1	X	X	X
Chemical					
Aluminium (Al)	mg/L	28	X		
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/L	4.2	X		
Antimony (Sb)	mg/L	0.02	X		
Arsenic (As)	mg/L	0.010	X		
Boron (B)	mg/L	1.3	X		
Cadmium (Cd)	mg/L	0.007	X		
Chloride (Cl⁻)	mg/L	600	X		
Chromium (Cr)	mg/L	0.3	X		
Copper (Cu)	mg/L	2.0	X		X
Cyanide (CN)	mg/L	0.28	X		
Fluoride (F⁻)	mg/L	1.7	X		
Iron (Fe)	mg/L	4.2	X		X
Lead (Pb)	mg/L	0.015	X		
Magnesium (Mg)	mg/L	100	X		
Manganese (Mn)	mg/L	2.0	X		
Continúa ...					

Cuadro A.74: Criterios mínimos de potabilidad del agua para largos periodos y frecuencia de control de comprobación. STANAG 2136 Anexo B-01 (64) (continuación)

Constituents/characteristics	Unit	Min standard (5 L/day)	Test		
			A	B	C
Mercury (Hg)	mg/L	0.002	X		
Nickel (Ni)	mg/L	0.28	X		X
Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/L	97	X		
Selenium (Se)	mg/L	0.07	X		
Sulphate (SO ₄ ²⁻) ³	mg/L	300	X		
Pesticides					
<i>Chlorinated pesticides</i>					
Alachlor	mg/L	0.14	X		
Aldrin	mg/L	0.0004	X		
Chlordan	mg/L	0.007	X		
1,2 Dichloropropane (1,2 DCP)	mg/L	0.3	X		
DDT(p,p')	mg/L	0.007	X		
Endrin	mg/L	0.006	X		
Heptachlor epoxid	mg/L	0.0002	X		
Hexachlorobenzene	mg/L	0.004	X		
Hexachlorocyclopentadiene	mg/L	1.4	X		
Lindane (gamma-BHC)	mg/L	0.004	X		
Methoxychlor	mg/L	0.07	X		
Picloram	mg/L	0.98	X		
<i>Triazine pesticides</i>					
Simazine	mg/L	0.07	X		
<i>Other pesticides and herbicides</i>					
Aldicarb, aldicarb sufon, aldicarb sulfoxide	mg/L	0.01	X		
Carbofuran	mg/L	0.07	X		
Dalapon (2,2-dichloropropionic acid)	mg/L	0.42	X		
Diquat	mg/L	0.03	X		
Endothal	mg/L	0.28	X		
Glyphosate	mg/L	1.4	X		
2,4,5 Trichlorophenoxyacetic acid (Silvex)	mg/L	0.11	X		
Hydrocarbons and pollutants					
Benzene	mg/L	0.04	X		
1,2 Dibromoethane (ethylene dibromide)	mg/L	0.001	X		
Pentachlorophenol	mg/L	0.01	X		
Epichlorhydrin	mg/L	0.03	X		
Continúa ...					

Cuadro A.74: Criterios mínimos de potabilidad del agua para largos períodos y frecuencia de control de comprobación. STANAG 2136 Anexo B-01 (64) (continuación)

Constituents/characteristics	Unit	Min standard (5 L/day)	Test		
			A	B	C
Polycyclic aromatic hydrocarbons					
Benzo (α) pyrene	mg/L	0.01	X		
Benzo(α)anthracene	mg/L	0.14	X		
Benzo(β)fluoranthene	mg/L	0.14	X		
Benzo(κ)fluoranthene	mg/L	1.4	X		
Trihalomethans					
Bromodichloromethane	mg/L	0.3	X		
Chloroform	mg/L	1.4	X		
Disinfection by-products			X		
Bromate ³	mg/L	0.06	X		
Radioactivity					
Total α activity	Bq/L	0.5	X		
Total β activity	Bq/L	1	X		
Fin de la tabla					

A.3.4. Legislación Militar Internacional

A.3.4.1. Autor: Ejército de Tierra de los Estados Unidos de América, TB MED 577 (87).

Parameter	30-day Standard (mg/L)
Physical properties	
Color	15 CU
Odor (PM evaluation and customer response)	Acceptable
pH	5 - 9 pH units
TDS	1000
Temperature	15 - 22 °C
Turbidity	1 NTU
Chemical properties	
Arsenic	0.02
Chloride	600
Cyanide (as free cyanide)	2.0
Magnesium	30
Sulfate	250
Microbiological properties	
Total Coliforms	0 CFU/100 mL
Escherichia Coli	0 CFU/100 mL
Chemical warfare agents	
Hydrogen cyanide	2.0
BZ (incapacitants)	2.3 (µg/L)
Lewisite (as arsenic)	27 (µg/L)
Sulfur mustard	47 (µg/L)
Nerve agents 3	4 (µg/L)
T-2 toxins	8.7 (µg/L)
Radiological	
Gross alpha and/or beta activity	0.05 (µCi/L)

Cuadro A.75: TB MED 577, Short-term potability military field water standards (87).

Cuadro A.76: TB MED 577, Long-term potability military field water standards (87).

Property/Contaminant	Military LTP Standards (mg/L)
Physical Properties	
Turbidity	1 NTU
Odor	Acceptable
Color	15 CU
pH	6.5-8.5
Total dissolved solids	500
Disinfectants	
Chloramines (as Cl ₂)	4.0
Chlorine (as Cl ₂)	4.0
Chlorine dioxide (as ClO ₂)	0.8
Disinfection Byproducts	
Bromate	0.010
Chlorite	1.0
Haloacetic acids-five (HAA5)	0.060
Total trihalomethanes (TTHMs)	0.080
Inorganic Chemicals	
Aluminum	0.2
Antimony	0.006
Arsenic	0.010
Asbestos (fibers >10 micrometers)	7 MFL
Barium	2
Beryllium	0.004
Cadmium	0.005
Chloride	250
Chromium (total)	0.1
Copper	1.0
Cyanide (as free cyanide)	0.2
Fluoride	4.0
Iron	0.3
Lead	0.015
Manganese	0.05
Mercury (inorganic)	0.002
Nickel	-
Continúa ...	

Cuadro A.76: TB MED 577, Long-term potability military field water standards (87). (continuación)

Property/Contaminant	Military (mg/L)	LTP	Standards
Nitrate (as nitrogen)	10		
Nitrite (as nitrogen)	1		
Selenium	0.05		
Silver	0.10		
Sulfate	250		
Thallium	0.002		
Total nitrate plus nitrite	-		
Zinc	5		
Organic Chemicals			
1,1,1-Trichloroethane	0.2		
1,1,2-Trichloroethane	0.005		
1,1-Dichloroethylene	0.007		
1,2,4-Trichlorobenzene	0.07		
1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	0.0002		
1,2-Dichloroethane	0.005		
1,2-Dichloropropane	0.005		
2,4,5-TP (Silvex)	0.05		
2,4-D	0.07		
Alachlor	0.002		
Atrazine	0.003		
Benzene	0.005		
Benzo(a)pyrene (PAH)	0.0002		
Carbofuran	0.04		
Carbon tetrachloride	0.005		
Chlordane	0.002		
Chlorobenzene (mono)	0.1		
cis-1,2-Dichloroethylene	0.07		
Dalapon	0.2		
Di(2-ethylhexyl) adipate	0.4		
Di(2-ethylhexyl) phthalate	0.006		
Dichloromethane	0.005		
Dinoseb	0.007		
Dioxin2 (2,3,7,8-TCDD)	3x10 ⁸		
Diquat	0.02		
Endothall	0.1		
Endrin	0.002		
Continúa ...			

Cuadro A.76: TB MED 577, Long-term potability military field water standards (87). (continuación)

Property/Contaminant	Military (mg/L)	LTP	Standards
Ethylbenzene	0.7		
Ethylene dibromide	0.00005		
Glyphosate	0.7		
Heptachlor	0.0004		
Heptachlor epoxide	0.0002		
Hexachlorobenzene	0.001		
Hexachlorocyclopentadiene	0.05		
Lindane	0.0002		
Methoxychlor	0.04		
o-Dichlorobenzene	0.6		
Oxamyl (Vydate)	0.2		
p-Dichlorobenzene	0.075		
Pentachlorophenol	0.001		
Phenols	-		
Picloram	0.5		
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	0.0005		
Simazine	0.004		
Styrene	0.1		
Tetrachloroethylene	0.005		
Toluene	1		
Toxaphene	0.003		
trans-1,2-Dichloroethylene	0.1		
Trichloroethylene	0.005		
Vinyl chloride	0.002		
Xylenes (total)	10		
Radiological			
Gross alpha particle activity (excluding radon and uranium)	15 pCi/L		
Gross beta particle and photon emitter activity	4 mrem/yr		
Tritium	0.27 μ Ci/L		
Combined Ra-226 and Ra-228 activity	5 pCi/L		
Uranium	30 μ g/L		
Microorganisms			
E. coli (CFU/100 mL)	0 (P/A)		
Total coliforms (CFU/100 mL)	0 (P/A)		
Continúa ...			

Cuadro A.76: TB MED 577, Long-term potability military field water standards (87). (continuación)

Property/Contaminant	Military (mg/L)	LTP	Standards
Viruses	TT		
Giardia	TT		
Cryptosporidium	TT		
Fin del cuadro			

A.3.4.2. Autor: Ejército de Tierra de los Estados Unidos de América, TB MED 577 (85).

Constituents/characteristics of water (mg/L unless otherwise noted)	BCT*	DOD tri-Service standards (June 1996)		Field equipment:	
		5 L/day	15 L/day	Detection ranges (mg/L unless otherwise noted) WQAS-PM HACH® WQL	Test Strips M272
Physical properties					
Nephelometric turbidity unit (NTU)	X	1	1	0.1 - 400	—
pH (pH units)	X	5 - 9	5 - 9	-2.0 - 13.9	—
TDS	X	1000	1000	0 - 50000	—
Temperature (°C)	X	4 - 35 / 15 -	4 - 35 / 15 -	-5.0 - 105	—
Color (color units)	X	22 50 153	22 50 153	5 - 500	—
Chemical properties					
Arsenic	X	0.3 0.06	0.1 0.02	—	0 - 0.5
Cyanide	X	6	2	—	0 - 1.0
Magnesium		100	30	10 - 4000	—
Chloride		600	600	10 - 10000	—
Sulfate		300	100	2 - 70	200 - 1600
Lindane		0.6	0.2	—	—

Cuadro A.77: Basic water quality surveillance parameters and field equipment capabilities (85). Cuadro I

Constituents/characteristics of water (mg/L unless otherwise noted)	DOD tri-Service standards (June 1996)	Field equipment:		
		Detection ranges (mg/L unless otherwise noted)	WQAS-PM	WQAS-P
	BCT*	HACH®	Test Strips	M272
	5 L/day	WQL		
Microbiological properties				
Coliform (#/100 mL)	0	P/A	—	—
Radioactivity(μ Ci/L)	8 / 3	—	—	—
	0			
	0.1 / 0.05			
Chemical warfare agents				
Hydrogen cyanide	6	—	—	20
Lewisite (as arsenic)	80	—	—	2000
(μ g/L)				
Sulfur mustard(μ g/L)	140	—	—	2000
Nerve agents(μ g/L)	12	—	—	20
BZ (μ g/L)	7	—	—	—
T-2 toxins (μ g/L)	26	—	—	—

Cuadro A.78: Basic water quality surveillance parameters and field equipment capabilities (85). Cuadro II

Duration of use Type of standard->	Short-term: For use less than 7 Days			Long-term: For use more than 7 days		
	QSTAG 245	STANAG 2136	DOD tri-Service standards 5 L/day	QSTAG 245	STANAG 2136	DOD tri-Service standards 5 L/day
Consumption rate->	5 L/day	5 L/day	5 L/day	5 L/day	5 L/day	5 L/day
Physical properties						
Color (color unit)	-	50	50	15	15	15
Odor (threshold odor number)	-	3	3	-	3	3
pH	5 - 9.2	5 - 9	5 - 9	5 - 9.2	5 - 9	5 - 9
TDS (mg/L)	1500	1000	1000	1500	1000	1000
Temperature (°C)	4 - 35	-	4 - 35	15 - 22	-	15 - 22
NTU	5	-	1	1	1	1
Chemical properties						
Arsenic (mg/L)	2	0.3	0.3	0.05	0.06	0.02
Chloride (mg/L)		600	600	600	600	600
Cyanide (mg/L)	20	6	6	0.5	6	2
Lindane (mg/L)	-	0.6	0.6		0.6	0.2
Magnesium (mg/L)	-	100	100	150	100	30
Sulfate (mg/L)	-	300	300	400	300	100
Microbiological properties						
Coliform (#/100 mL)	1	0	0	1	0	0
Spores/Cysts (#/100 mL)	1	-	-	1	-	-
Virus (#/100 mL)	1	-	-	1	-	-

Cuadro A.79: Parámetros definitorios de la calidad de agua potable del Departamento de Defensa USA y de los compromisos militares internacionales en campaña (85). Cuadro I

Duration of use Type of standard->	Short-term: For use less than 7 Days			Long-term: For use more than 7 days		
	QSTAG 245	STANAG 2136	DOD tri-Service standards 5 L/day 15 L/day	QSTAG 245	STANAG 2136	DOD tri-Service standards 5 L/day 15 L/day
Consumption rate->	5 L/day	5 L/day	5 L/day 15 L/day	5 L/day	5 L/day	5 L/day 15 L/day
Chemical warfare agents						
Hydrogen cyanide (micro-gram (μg)/L)	-	-	6	2	-	6
BZ (Incapacitants) (μg /L)	-	7	7	2.3	-	-
Lewisite (arsenic fraction) (μg /L)	-	80	80	27	-	-
Sulfur mustard (μg /L)	200	140	140	47	-	-
Nerve agents (μg /L)	-	12	12	4	-	-
GA (μg /L)	-	-	140	46	-	-
GB (μg /L)	-	-	28	9.3	-	-
GD (μg /L)	-	-	12	4	-	-
VX (μg /L)	-	-	15	5	-	-
T-2 toxins (μg /L)	-	26	26	8.7	-	-
Radiological						
Radiological (μCi /L)	-	-	-	-	-	-
	-	300	8	3	0.06	0.1
		Bq/mL			5	0.05
					Bq/mL	

Cuadro A.80: Parámetros definitorios de la calidad de agua potable del Departamento de Defensa USA y de los compromisos militares internacionales en campaña (85). Cuadro II

Sampling Frequency Parameter	ROWPU duction point Weekly/monthly	Distribution system Monthly	Field storage container	Bottled/package water Monthly	Recommended equip- ment
Total coliforms	Weekly/monthly	Monthly	-	Monthly	Colilert P/A, HPC to- tal count sampler
TDS	Weekly/monthly	-	-	-	TDS tester
Chlorine residual	Weekly/monthly	Weekly	Daily	-	DPD chlorine residual test
Temperature	Weekly/monthly	Monthly	-	-	Thermometer
pH	Weekly/monthly	Monthly	Daily	-	pH tester/phenol red test
Color/odor	Weekly/monthly	-	-	-	Color disk
Turbidity	Weekly/monthly	-	-	-	Turbidimeter
Arsenic	Quarterly	-	-	-	Test strips
Cyanide	Quarterly	-	-	-	Test strips
Magnesium	Quarterly	-	-	-	Titration/test strips
Chloride	Quarterly	-	-	-	Test strips
Sulfate	Quarterly	-	-	-	Test strips
Lindane	Quarterly	-	-	-	Laboratory analysis
Radiological	Quarterly	-	-	-	Laboratory analysis
ECOCs/AWSM	Quarterly/ annually 5-2	Quarterly/ annually Table 5-2	-	-	Laboratory analysis
Chemical agents			-	-	M272 chemical agent test kit

Cuadro A.81: Water surveillance monitoring parameters and recommended frequencies(85).

A.4. Objetivo: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada?

A.4.1. Legislación Civil Nacional

A.4.1.1. Autor: España (30).

Cuadro A.82: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en España. Real Decreto 1744/2003 (30)

Parámetro	Valor paramétrico
A. Parámetros microbiológicos	
Escherichia coli (E-coli)	0/250 mL
Enterecocos	0/250 mL
Pseudomonas aeruginosa	0/250 mL
Recuento de colonias a 22 °C/Incubación 72 horas	100/mL
Recuento de colonias a 37 °C/Incubación 24 horas	20/mL
Clostridios sulfito reductores	0/50 mL
B. Parámetros químicos	
Acrilamida	0,10 mg/L
Antimonio	5,0 mg/L
Arsénico total	10 mg/L
Bario	1,0 mg/L
Benceno	1,0 mg/L
Benzo(a)pireno	0,010 mg/L
Boro	1,0 mg/L
Bromato	10 mg/L
Cadmio	5,0 mg/L
Cromo	50 mg/L
Cobre	2,0 mg/L
Cianuro	50 mg/L
1,2-dicloroetano	3,0 mg/L
Epiclorhidrina	0,10 mg/L
Fluoruro	1,5 mg/L
Plomo	10 mg/L
Mercurio	1,0 mg/L
Níquel	20 mg/L
Nitrato	50 mg/L
Continúa ...	

Cuadro A.82: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en España. Real Decreto 1744/2003 (30) (continuación)

Parámetro	Valor paramétrico
Nitrito	0,50 mg/L
Plaguicidas	0,10 mg/L
Total plaguicidas	0,50 mg/L
Hidrocarburos policíclicos aromáticos	0,10 mg/L
Selenio	10 mg/L
Tetracloroeteno y tricloroeteno	10 mg/L
Total trihalometanos	100 mg/L
Cloruro de vinilo	0,50 mg/L
C. Parámetros indicadores	
Aluminio	200 mg/L
Amonio	0,50 mg/L
Cloruro	250 mg/L
Clostridium perfringens (incluidas esporas)	0 n.o/100 mL
Color	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos.
Conductividad a 20 °C	2.500 mS cm ⁻¹
Concentración en iones hidrógeno	>6,5 y <9,5 Unidades pH
Hierro	200 mg/L
Manganeso	50 mg/L
Olor	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos.
Oxidabilidad	5,0 mg/L O ₂
Sulfato	250 mg/L
Sodio	200 mg/L
Sabor	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos.
Recuento de colonias a 22 °C y a 37 °C	Sin cambios anómalos.
Bacterias coliformes	0 n.o/250 mL
Carbono orgánico total (COT)	Sin cambios anómalos.
Turbidez	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos.
D. Parámetros radiactividad	
Tritio	100 Bq/L
Dosis indicativa total	0,10 msv/año
Fin de la tabla	

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

A.4.1.2. Autor: Unión Europea (12).

La Unión Europea en el Anexo A de su Directiva 98/83/CE añade al conjunto de requisitos los específicos microbiológicos que deben cumplir las aguas embotelladas.

Cuadro A.83: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en la Unión Europea.
Real Decreto 1744/2003 (30)

Parámetro	Valor paramétrico
A. Parámetros microbiológicos	
Escherichia coli (E. coli)	0/250 mL
Enterococos	0/250 mL
Pseudomonas aeruginosa	0/250 mL
Recuento de colonias a 22°C	100/mL
Recuento de colonias a 37°C	20/mL
Fin de la tabla	

A.4.2. Legislación Civil Internacional

A.4.2.1. Autor: Estados Unidos (83).

La calidad del agua embotellada en Estados Unidos debe cumplir los siguientes requisitos:

(b)(2) Microbiological quality.

(i) Bottled water shall, when a sample consisting of analytical units of equal volume is examined by the methods described in paragraph (b)(2)(ii) of this section, meet the following standards of microbiological quality:

(A) Total coliform-(1) Multiple-tube fermentation (MTF) method. Not more than one of the analytical units in the sample shall have a most probable number (MPN) of 2.2 or more coliform organisms per 100 milliliters and no analytical unit shall have an MPN of 9.2 or more coliform organisms per 100 milliliters; or (2) Membrane filter (MF) method. Not more than one of the analytical units in the sample shall have 4.0 or more coliform organisms per 100 milliliters and the arithmetic mean of the coliform density of the sample shall not exceed one coliform organism per 100 milliliters.

(B) *E. coli*. If *E. coli* is present, then the bottled water will be deemed adulterated under paragraph (d) of this section.

(ii) Analyses conducted to determine compliance with paragraphs (b)(2)(i)(A) and (b)(2)(i)(B) of this section and § 129.35(a)(3)(i) of this chapter shall be made in accordance with the multipletube fermentation (MTF) or the membrane filter (MF) methods described in the applicable sections of “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,” 21st Ed. (2005), American Public Health Association. The Director of the Federal Register approves this incorporation by reference in accordance with 5 U.S.C. 552(a) and 1 CFR part 51. You may obtain a copy from the American Public Health Association, 800 I St. NW., Washington, DC 20001, 202-777-2742 (APHA). You may inspect a copy at the Center for Food Safety and Applied Nutrition’s Library, 5100 Paint Branch Pkwy., College Park, MD 20740, 301-436-2163, or at the National Archives and Records Administration (NARA). For information on the availability of this material at NARA, call 202-741-6030, or go to: <http://www.archives.gov/federalregister/codloffederalregulations/ibrlocations.html>.

(b)(3) Physical quality.

Bottled water shall, when a composite of analytical units of equal volume from a sample is examined by the method described in applicable sections of “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,” 15th Ed. (1980), American Public Health Association, which is incorporated by reference in accordance with 5 U.S.C. 552(a) and 1 CFR part 51 (copies may be obtained from the American Public Health Association, 800 I St. NW., Washington, DC 20001, 202-777-2742 (APHA),

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

or a copy may be examined at the National Archives and Records Administration (NARA), or at the Center for Food Safety and Applied Nutrition's Library, 5100 Paint Branch

Pkwy., College Park, MD 20740, 301-436-2163, for information on the availability of this material at NARA, call 202-741-6030, or go to:

<http://www.archives.gov/federalregister/codof/federalregulations/ibrlocations.html>, meet the following standards of physical quality:

- (i) The turbidity shall not exceed 5 units.
- (ii) The color shall not exceed 15 units. 1
- (iii) The odor shall not exceed threshold odor No. 3. 1

(b)(4) Chemical quality.

(i)(A) Bottled water shall, when a composite of analytical units of equal volume from a sample is examined by the methods described in paragraph (b)(4)(i)(B) of this section, meet standards of chemical quality and shall not contain chemical substances in excess of the following concentrations:

Cuadro A.84: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas permitidas

Substance	Conc. (mg/L)
Chloride	250,0
Iron	0,3
Manganese	0,05
Phenols	0,001
Total dissolved solids	500
Zinc	5
Fin de la tabla	

(D) Imported bottled water to which fluoride is added shall not contain fluoride in excess of 0,8 milligram per liter.

(iii) Having consulted with EPA as required by section 410 of the Federal Food, Drug, and Cosmetic Act, the Food and Drug Administration has determined that bottled water, when a composite of analytical units of equal volume from a sample is examined by the methods listed in paragraphs (b)(4)(iii)(E) through (b)(4)(iii)(F), and (b)(4)(iii)(G) of this section, shall not contain the following chemical contaminants in excess of the concentrations specified in paragraphs (b)(4)(iii)(A) through

(b)(4)(iii)(D) of this section.

(A) The allowable levels for inorganic substances are as follows:

Cuadro A.85: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas inorgánicas contaminantes

Contaminant	Conc. (mg/L)
Arsenic	0,010
Antimony	006
Barium	2
Beryllium	0,004
Cadmium	0,005
Chromium	0,1
Copper	1.0
Cyanide	0,2
Lead	0,005
Mercury	0,002
Nickel	0,1
Nitrate	10 (as nitrogen)
Nitrite	1 (as nitrogen)
Total Nitrate and Nitrite	10 (as nitrogen)
Selenium	0,05
Thallium	0,002
Fin de la tabla	

(B) The allowable levels for volatile organic chemicals (VOC's) are as follows:

Cuadro A.86: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas orgánicas volátiles contaminantes

Contaminant (CAS)	Conc. (mg/L)
Benzene (71-43-2)	0,005
Carbon tetrachloride (56-23-5)	0,005
Continúa ...	

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.86: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas orgánicas volátiles contaminantes (continuación)

Contaminant (CAS)	Conc. (mg/L)
o-Dichlorobenzene (95-50-1)	0,6
p-Dichlorobenzene (106-46-7)	0,075
1,2-Dichloroethane (107-06-2)	0,005
1,1-Dichloroethylene (75-35-4)	0,007
cis-1,2-Dichloroethylene (156-59-2)	0,07
trans-1,2-Dichloroethylene (156-60-5)	0,1
Dichloromethane (75-09-2)	0,005
1,2-Dichloropropane (78-87-5)	0,005
Ethylbenzene (100-41-4)	0,7
Monochlorobenzene (108-90-7)	0,1
Styrene (100-42-5)	0,1
Tetrachloroethylene (127-18-4)	0,005
Toluene (108-88-3)	1
1,2,4-Trichlorobenzene (120-82-1)	0,07
1,1,1-Trichloroethane (71-55-6)	0,20
1,1,2-Trichloroethane (79-00-5)	0,005
Trichloroethylene (79-01-6)	0,005
Vinyl chloride (75-01-4)	0,002
Xylenes (1330-20-7)	10
Fin de la tabla	

(C) The allowable levels for pesticides and other synthetic organic chemicals (SOC's) are as follows:

Cuadro A.87: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de pesticidas y otras sustancias químicas orgánicas sintéticas

Contaminant (CAS)	Conc. (mg/L)
Alachlor (15972-60-8)	0,002
Atrazine (1912-24-9)	0,003
Benzo(a)pyrene (50-32-8)	0,0002
Continúa ...	

Cuadro A.87: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de pesticidas y otras sustancias químicas orgánicas sintéticas (continuación)

Contaminant (CAS)	Conc. (mg/L)
Carbofuran (1563-66-2)	0,04
Chlordane (57-74-9)	0,002
Dalapon (75-99-0)	0,2
1,2-Dibromo-3-chloropropane (96-12-8)	0,0002
2,4-D (94-75-7)	0,07
Di(2-ethylhexyl)adipate (103-23-1)	0,4
Dinoseb (88-85-7)	0,007
Diquat (85-00-7)	0,02
Endothall (145-73-3)	0,1
Endrin (72-20-8)	0,002
Ethylene dibromide (106-93-4)	0,00005
Glyphosate (1071-53-6)	0,7
Heptachlor (76-44-8)	0,0004
Heptachlor epoxide (1024-57-3)	0,0002
Hexachlorobenzene (118-74-4)	0,001
Hexachlorocyclopentadiene (77-47-4)	0,05
Lindane (58-89-9)	0,0002
Methoxychlor (72-43-5)	0,04
Oxamyl (23135-22-0)	0,2
Pentachlorophenol (87-86-5)	0,001
PCB's (as decachlorobiphenyl) (1336-36-3)	0,0005
Picloram (1918-02-1)	0,5
Simazine (122-34-9)	0,004
2,3,7,8-TCDD (Dioxin) (1746-01-6)	3×10^{-8}
Toxaphene (8001-35-2)	0,003
2,4,5-TP (Silvex) (93-72-1)	0,05
Fin de la tabla	

(D) The allowable levels for certain chemicals for which EPA has established secondary maximum contaminant levels in its drinking water regulations (40 CFR part 143) are as follows:

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.88: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en EE.UU. 21CFR165.11(83). Límite de sustancias químicas contaminantes incluídas en el Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable de la EPA

Contaminant	Concentration in milligrams per liter
Aluminum	0,2
Silver	0,1
Sulfate 1	250,0
Fin de la tabla	

A.4.2.2. Autor: Rusia(20).

Cuadro A.89: Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. I. Criterios de propiedades estéticas(20).

Datos	Unidades	Directrices de calidad de agua potable envasada		Riesgo	Clase
		Categoría Primera	Categoría Máxima		
a) características organolépticas:					
Olor a 20° C	grados	0	0	org.	-
Después de calentar a 60° C	grados	1	0		-
Sabor	puntos	0	0	org.	-
Color	grados	5	5	org.	-
Turbiedad	EYF	1.0	0.5	org.	-
pH	unidades	6,5-8,5	6,5-8,5	org.	-
b) compuestos salinos:					
Cloruro	mg/L	250	150	org.	4
Sulfatos	mg/L	250	150	org.	4
Fosfato (PO ₄)	mg/L	3.5	3.5	org.	3
Fin del cuadro					

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.90: Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. II. Criterios de composición química nociva(20).

Datos	Unidades	Directrices de calidad de agua potable envasada		Riesgo	Clase
		Categoría Primera	Categoría Máxima		
a) composición salina y gas:					
Silicatos (como Si)	mg/L	10	10	s.-T.	2
Nitratos (como NO ₃)	mg/L	20	5	org .	3
Cianuro (CN ⁻ para)	mg/L	0.035	0.035	s.-T.	2
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	mg/L	0.003	0.003	org. Rec.	4
b) metales tóxicos:					
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	0,2	0,1	s.-T.	2
Bario (Ba ²⁺)	mg/L	0,7	0,1	s.-T.	2
Berilio (Be ²⁺)	mg/L	0,0002	0,0002	s.-T.	1
Hierro (Fe total)	mg/L	0,3	0,3	org .	3
Cadmio (Cd total)	mg/L	0,001	0,001	s.-T.	2
Cobalto (Co)	mg/L	0,1	0,1	s.-T.	2
Litio (Li ⁺)	mg/L	0,03	0,03	s.-T.	2
Manganeso (Mn)	mg/L	0,05	0,05	org.	3
Cobre (Cu total)	mg/L	1	1	org.	3
Molibdeno (Mo, total)	mg/L	0,07	0,07	s.-T.	2
Sodio (Na ⁺)	mg/L	200	20	s.-T.	2
Níquel (Ni total)	mg/L	0,02	0,02	s.-T.	3
Mercurio (Hg total)	mg/L	0,0005	0,0002	s.-T.	1
Selenio (Se total)	mg/L	0,01	0,01	s.-T.	2
Plata (Ag ⁺)	mg/L	0,025	0,025	s.-T.	3
Plomo (Pb total)	mg/L	0,01	0,005	s.-T.	2
Estroncio (Sr ²⁺)	mg/L	7	7	s.-T.	2
Antimonio (Sb total)	mg/L	0,005	0,005	s.-T.	2
Cromo (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,05	0,03	s.-T.	3
Zinc (Zn ²⁺)	mg/L	5	3	org .	3
c) no metales tóxicos:					
Boro (B total)	mg/L	0,5	0,3	s.-T.	2
Arsénico (As total)	mg/L	0,01	0,006	s.-T.	2
Ozono	mg/L	0,1	0,1	org.	3
d) halógenos:					
Iones bromuro	mg/L	0,2	0,1	s.-T.	2
Continúa ...					

Cuadro A.90: Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. II. Criterios de composición química nociva(20).

No.	Items	Standard Value			
Cloro residual asociado	mg/L	0,1	0,1	org.	3
Cloro residual libre	mg/L	0,05	0,05	org.	3
e) indicadores de contaminación orgánica:					
Oxidabilidad permanganato	mg O ₂ /L	3	2	-	-
Amoníaco e ion amonio	mg O ₂ /L	0,1	0,05	-	-
Nitrito (como NO ²)	mg O ₂ /L	0,5	0,005	org.	2
Carbono orgánico	mg/L	10	5	-	-
Agentes tensioactivos (surfactantes), sustancias aniónicas	mg/L	0,05	0,05	org.	-
Productos del petróleo	mg/L	0,05	0,01	org.	-
Fenoles volátiles (total)	µg/L	0,5	0,5	org. Rec.	4
Cloroformo	µg/L	60	1	s.-T.	2
Bromoformo	µg/L	20	1	s.-T.	2
Dibromoclorometano	µg/L	10	1	s.-T.	2
Bromodiclorometano	µg/L	10	1	s.-T.	2
Tetracloruro de carbono	µg/L	2	1	s.-T.	2
Formaldehído	µg/L	5	5	s.-T.	2
Benzo(a)pireno	µg/L	0,005	0,001	s.-T.	2
Di(2-etilhexil) ftalato	µg/L	6	0,1	s.-T.	2
Hexaclorobenceno	µg/L	0,2	0,2	s.-T.	2
Lindano (HCH isómero gamma)	µg/L	0,5	0,2	s.-T.	1
2,4-D	µg/L	1	1	s.-T.	2
Heptacloro	µg/L	0,05	0,05	s.-T.	2
DDT (suma de isómeros)	µg/L	0,5	0,5	s.-T.	2
Atrazina	µg/L	0,2	0,2	s.-T.	2
Simazina	µg/L	0,2	0,2	org.	4
f) indicadores complejos de toxicidad:					
Suma de NO ² y NO ₃	Unidades	<0,5	<0,1	-	-
Suma de Trihalometanos	Unidades	<0,5	<0,1	-	-
Fin del cuadro					

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.91: Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. III. Criterios de seguridad radiológica(20).

Datos	Unidades	Directrices de calidad de agua potable envasada		Riesgo Clase
		Categoría Primera	Categoría Máxima	
Actividad alfa	Bq/L	0.1	0.1	radiación.
Actividad beta	Bq/L	1	1	radiación.
Fin del cuadro				

Cuadro A.92: Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. IV. Criterios microbiológicos y parasitológicos(20).

Datos		Unidades	Directrices de calidad de agua potable envasada	
			Categoría Primera	Categoría Máxima
a) parámetros bacteriológicos:				
Conteo a 37° C		UFC/mL	no más de 20	no más de 20
Conteo a 22° C		UFC/mL	no más de 100	no más de 100
Bacterias coliformes totales		UFC/100 mL	ausencia en 300 mL	ausencia de 300 mL
Termotolerante bacterias	coliformes	UFC/100 mL	ausencia en 300 mL	ausencia de 300 mL
Bacterias coliformes Glyukozopolozhitelnye	coliformnye	UFC/100 mL	ausencia en 300 mL	ausencia de 300 mL
Controversias Clostridios	sulfito-ing	UFC/100 mL	ausencia en 20 mL	ausencia de 20 mL
Pseudomonas aeruginosa			ausencia en 1000 mL	ausencia en 1000 mL
b) parámetros víricos:				
Colifagos		Pfu/mL	ausencia en 1000 mL	ausencia en 1000 mL
c) parámetros parásitos:				
Cryptosporidium		unidades/50l	ausencia	ausencia
Continúa ...				

Cuadro A.92: Rusia. Directrices de calidad de agua potable envasada. IV. Criterios microbiológicos y parasitológicos(20).

No.	Items	Standard Value	
Giardia	unidades/50l	ausencia	ausencia
Helminfos	unidades/50l	ausencia	ausencia
Fin del cuadro			

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

A.4.2.3. Autor: India (47, 48).

La legislación de India establece los siguientes límites para el agua embotellada, sea mineral (IS 13428) o no (IS 14543):

Cuadro A.93: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en India. IS 14543 (47) e IS 13428(48)

Characteristic	IS 14543:2004	IS 13428 :2005
Parámetros físicos y organolépticos		
Colour, true colour units, Max	2	
Odour	Agreeable	Agreeable
Taste	Agreeable	Agreeable
Turbidity, NTU, Max		
Total dissolved solids, mg/L	500	150 TO 700
pH value	6.5 TO 8.5	6.5 TO 8.5
Parámetros microbiológicos		
Escherichia coli (or thermo-tolerant bacteria)	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Coliform bacteria	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Faecal streptococci and Staphylococcus aureus	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Sulphite reducing anaerobes	absent in 50 mL sample	absent in 50 mL sample
Pseudomonas aeruginosa	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Aerobic Microbial Count -at 20 to 22°C in 72 h - at 37°C in 24 h	shall not exceed 100 per mL shall not exceed 20 per mL	–NS–
Yeast and Mould	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Salmonella and Shigella	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Vibrio cholera and V. para-haemolyticus	absent in 250 mL sample	absent in 250 mL sample
Parámetros sustancias indeseables		
Barium (as Ba), mg/L, Max		
Copper (as Cu), mg/L, Max	0.05	
Iron (as Fe), mg/L, Max	0.1	–NS–
Manganese (as Mn), mg/L, Max		
Nitrate (as NO ₃), mg/L, Max		
Continúa ...		

Cuadro A.93: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en India. IS 14543 (47) e IS 13428(48) (continuación)

Characteristic	IS 14543:2004	IS 13428 :2005
Nitrite (as NO ₂), mg/L, Max	0.02	0.02
Fluoride (as F), mg/L, Max		
Zinc (as Zn), mg/L, Max		
Silver (as Ag), mg/L, Max	0.01	0.01
Aluminium (as Al), mg/L, Max	0.03	–NS–
Chloride (as Cl), mg/L, Max	200	200
Selenium (as Se), mg/L, Max	0.01	0.05
Sulphate (as SO ₄), mg/L, Max	200	200
Alkalinity (as HCO ₃), mg/L, Max	200	75 to 400
Calcium (as Ca), mg/L, Max	75	100
Magnesium (as Mg), mg/L, Max		
Sodium (as Na), mg/L, Max	200	
Residual free chlorine, mg/L, Max	0.2	–NS–
Phenolic compounds (as C ₆ H ₅ OH), mg/L, Max	Absent	Absent
Mineral Oil, mg/L, Max	Absent	Absent
Anionic surface active agents (as MBAS), mg/L, Max	0.2	Not detectable
Sulphide (as H ₂ S), mg/L, Max	0.05	0.05
Antimony (as Sb), mg/L, Max	0.005	0.005
Borate (as B), mg/L, Max		
Parámetros sustancias tóxicas		
Mercury (as Hg), mg/L, Max	0.001	0.001
Continúa ...		

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.93: Calidad exigida por la legislación para el agua embotellada o empaquetada en India. IS 14543 (47) e IS 13428(48) (continuación)

Characteristic	IS 14543:2004	IS 13428 :2005
Cadmium (as Cd), mg/L, Max	0.01	0.003
Arsenic (as As), mg/L, Max	0.05	0.05
Cyanide (as CN), mg/L, Max	Absent	Absent
Lead (as Pb), mg/L, Max	0.01	0.01
Chromium (as Cr), mg/L, Max	0.05	0.05
Nickel (as Ni), mg/L, Max	0.02	0.02
Polychlorinated biphenyle (PCB)	Not detectable	Not detectable
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	Not detectable	Not detectable
Parámetros sustancias tóxicas (pesticidas)		
Parameters	Limits	Residues of pesticides for
Pesticide residues considered individually	Not more than 0.0001 mg/1	pesticides as given in Annex N
Total pesticide residue	Not more than 0.0005 mg/1	shall be below the detectable limits
Parámetros sustancias radiactivas		
Alpha emitters, Bq/L, Max	-	0.1
Beta emitters, Bq/L, Max	-	1
Fin de la tabla		

A.4.3. Legislación Militar Internacional

A.4.3.1. Autor: Ejército de Tierra de los Estados Unidos de América, TB MED 577 (87).

Cuadro A.94: TB MED 577, Long-term potability military bottled water standards (87).

Property/Contaminant	FDA Standards for Bottled Water (mg/L)
Physical Properties	
Turbidity	5 NTU
Odor	3.1 TON
Color	15 CU
pH	-
Total dissolved solids	500.0
Disinfectants	
Chloramines (as Cl ₂)	4.0
Chlorine (as Cl ₂)	4.0
Chlorine dioxide (as ClO ₂)	0.8
Disinfection Byproducts	
Bromate	0.010
Chlorite	1.0
Haloacetic acids-five (HAA5)	0.060
Total trihalomethanes (TTHMs)	0.080
Inorganic Chemicals	
Aluminum	0.2
Antimony	0.006
Arsenic	0.010
Asbestos (fibers >10 micrometers)	-
Barium	2
Beryllium	0.004
Cadmium	0.005
Chloride	250.0
Chromium (total)	0.1
Copper	1.0
Cyanide (as free cyanide)	0.2
Fluoride	(depends on whether natural or added, and varies w/temp-see 21 CFR 165)
Continúa ...	

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.94: TB MED 577, Long-term potability military bottled water standards (87). (continuación)

Property/Contaminant	FDA Standards for Bottled Water (mg/L)
Iron	0.3
Lead	0.005
Manganese	0.05
Mercury (inorganic)	0.002
Nickel	0.1
Nitrate (as nitrogen)	10
Nitrite (as nitrogen)	1
Selenium	0.05
Silver	0.10
Sulfate	250.0
Thallium	0.002
Total nitrate plus nitrite	10
Zinc	5.0
Organic Chemicals	
1,1,1-Trichloroethane	0.20
1,1,2-Trichloroethane	0.005
1,1-Dichloroethylene	0.007
1,2,4-Trichlorobenzene	0.07
1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	0.0002
1,2-Dichloroethane	0.005
1,2-Dichloropropane	0.005
2,4,5-TP (Silvex)	0.05
2,4-D	0.07
Alachlor	0.002
Atrazine	0.003
Benzene	0.005
Benzo(a)pyrene (PAH)	0.0002
Carbofuran	0.04
Carbon tetrachloride	0.005
Chlordane	0.002
Chlorobenzene (mono)	0.1
cis-1,2-Dichloroethylene	0.07
Dalapon	0.2
Di(2-ethylhexyl) adipate	0.4
Di(2-ethylhexyl) phthalate	-
Dichloromethane	0.005
Continúa ...	

Cuadro A.94: TB MED 577, Long-term potability military bottled water standards (87). (continuación)

Property/Contaminant	FDA Standards for Bottled Water (mg/L)
Dinoseb	0.007
Dioxin2 (2,3,7,8-TCDD)	3x10 ⁸
Diquat	0.02
Endothall	0.1
Endrin	0.002
Ethylbenzene	0.7
Ethylene dibromide	0.00005
Glyphosate	0.7
Heptachlor	0.0004
Heptachlor epoxide	0.0002
Hexachlorobenzene	0.001
Hexachlorocyclopentadiene	0.05
Lindane	0.0002
Methoxychlor	0.04
o-Dichlorobenzene	0.6
Oxamyl (Vydate)	0.2
p-Dichlorobenzene	0.075
Pentachlorophenol	0.001
Phenols	0.001
Picloram	0.5
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	0.0005
Simazine	0.004
Styrene	0.1
Tetrachloroethylene	0.005
Toluene	1
Toxaphene	0.003
trans-1,2-Dichloroethylene	0.1
Trichloroethylene	0.005
Vinyl chloride	0.002
Xylenes (total)	10
Radiological	
Gross alpha particle activity (excluding radon and uranium)	15 pCi/L
Gross beta particle and photon emitter activity	4 mrem/yr
Tritium	-
Continúa ...	

A.4. OBJETIVO: CALIDAD EXIGIDA POR LA LEGISLACIÓN PARA EL AGUA EMBOTELLADA O EMPAQUETADA?

Cuadro A.94: TB MED 577, Long-term potability military bottled water standards (87). (continuación)

Property/Contaminant	FDA Standards for Bottled Water (mg/L)
Combined Ra-226 and Ra-228 activity	5 pCi/L
Uranium	30 μ g/L
Microorganisms	
E. coli (CFU/100 mL)	0 (MF or MPN)
Total coliforms (CFU/100 mL)	4 and 1 (MF)
Viruses	N/A
Giardia	N/A
Cryptosporidium	N/A
Fin del cuadro	

Anexo B

Tratamientos basados en la oxidación

B.1. Autor: Ovejero Escudero et al. (69).

Realiza un estudio con objeto de eliminar el mecoprope (ácido (2-(2-metil)-4-clorofenoxi) propiónico) en disolución acuosa mediante la utilización en serie de la ozonización y de la adsorción en carbón activado.

Las condiciones que se fijaron para los experimentos del estudio fueron:

- Corriente gaseosa: caudal=30 L/h; concentración de ozono=0,01 g/L.
- Corriente líquida: caudal=1 L/h; concentración de mecoprope=0,3 g/L.
- Columna de adsorción: tiempo de residencia=0,012 s.

Durante el estudio tiene una gran influencia la presencia de carbonatos, ya que considera que en las aguas naturales es normal la presencia de estas especies en una concentración $[10^{-4}, 10^{-3}]$ M. Esta presencia de carbonatos produce una neutralización de la acción de los grupos funcionales en la superficie del carbón activado y un aumento de pH que conlleva a que esté presente la especie ionizada de mecoprope. Las conclusiones alcanzadas en su estudio son:

- Cuando están presentes carbonatos en el medio, se produce una inhibición de la reacción radicalaria de descomposición del ozono que origina una mayor cantidad del mismo al final de la oxidación.
- Cuando no están presentes carbonatos, el ozono reacciona directamente con el mecoprope y también se descompone por vía radicalaria. Por tanto, existe en menor proporción ozono residual y no afecta tanto a la superficie de carbón con respecto al mecoprope de un 8 %.

- Concluye con que la combinación de las dos técnicas dan buenos resultados en la eliminación del mecopropre en disolución acuosa y que la presencia de especies carbonatadas en el medio –aunque la degradación de pesticida con ozono no sería tan eficaz por la inhibición de la oxidación por vía radicalaria– se compensa por favorecer la adsorción posterior en carbón activado debido a la existencia de ozono residual que oxida la superficie del adsorbente aumentando su capacidad de adsorción.

B.2. Autor: Ormad Melero et al. (67).

Realiza un estudio para la eliminación de plaguicidas, en concreto atrazina, simazina, terbutilazina y bromacilo (además de otros 57 compuestos con carácter peligroso), en aguas de abastecimiento mediante la utilización de cloración, ozonización y adsorción con GAC.

Analiza los ensayos con cloración, con ozonización y con preoxidación (hipoclorito sódico u ozono) con GAC.

Las condiciones de operación fueron:

- Planta piloto compuesta de un depósito de 25000 l, un sistema dosificador de hipoclorito sódico, un equipo de ozonización (2 g/h) y un filtro de carbón activado de 240 l de capacidad con una relación altura/diámetro de 4,5:1 y relleno con 125 l de carbón activo granular de origen mineral (tamaño de partícula de 0,6-0,7 mm, una superficie específica BET de 1005 m²/g y una densidad de 470 g/L).
- Caudal de agua (m³/h): 0,3; 1,0; y 2,5.
- Concentración teórica inicial de cada uno de los plaguicidas (ng/L): 300 y 500.
- Punto de aplicación del hipoclorito sódico: depósito.
- Se adicionó hipoclorito sódico hasta conseguir un cloro residual de 0,5 mg/L a la salida del depósito, es decir, adición de la correspondiente demanda de cloro +0,5 mg/L (CD+0,5mg/L).
- La dosis de ozono (2 g/h) supuso una concentración de ozono de 7, 2 y 1 mg/L para los caudales de agua de 0,3; 1,0 y 2,5 respectivamente. Dichas concentraciones entran en el rango de las habitualmente utilizadas en ETAP,s que utilizan ozono como preoxidante en la línea de tratamiento.

Las principales conclusiones de este estudio fueron:

- El pH y la conductividad permanecen constantes a lo largo del tratamiento.

- Sólo con cloración: el porcentaje de degradación obtenido tras la cloración no depende de la concentración inicial del plaguicida utilizado.
- Sólo con ozonización: la concentración de 1 mg/L sólo elimina el 100 % del bromacilo, sin embargo, con concentraciones superiores a 2 mg/L se consigue además una degradación del 30 % de la atrazina, un 50 % de la simazina y terbutilazina. Este tratamiento resultó ligeramente más eficaz que la cloración con hipoclorito sódico, para la eliminación de los plaguicidas objeto del estudio.
- La adsorción con carbón activo granular de origen mineral consigue la eliminación total de los plaguicidas objeto del estudio. Un tiempo de contacto de 3 min dentro de este depósito de GAC es suficiente para conseguir la eliminación total de estos plaguicidas. Esto es debido en parte a la baja concentración existente de materia orgánica natural en el agua bruta.
- El tratamiento mediante precloración y posterior adsorción con GAC consigue el mismo efecto que la preoxidación con ozono y posterior GAC, en relación a estos plaguicidas.
- Por todo lo anterior, en caso de identificarse la presencia de plaguicidas tipo atrazinas en un agua que va a ser utilizada para abastecimiento público, el agua se podrá someter a tratamiento consistente en la combinación de una precloración, paso a través de columna de carbón activo granular (GAC) y cloración final.

B.3. Autor: Ortega et al. (68).

Realiza un estudio con objeto de reducir la presencia de olores y sabores en el agua mediante un tratamiento con PAC en procesos de decantación lastrada. Considera que los olores y sabores son producidos principalmente por geosmina (1,2,7,7-tetrametil-2norborneol)¹ y el MIB (2-metil-isoborneol)² producidos por el metabolismo y biodegradación de cierto tipo de cianobacterias y de cierto tipo de bacterias filamentosas o actinomicetos que crecen en presencia de nutrientes, altas temperaturas y otros factores medioambientales. Obtiene un resultado de eliminación de más del 90 %, reduciendo los valores de COT en más del 75 %. Presenta la ventaja de la regeneración y la utilización de floculantes naturales, como el PDAC-MAC DW-218, con respecto al CAG.

---

¹Conocida tradicionalmente como “olor a tierra”.

²Conocido tradicionalmente como “olor a humedad”.

B.4. Autor: García Molina et al. (36).

Realiza un estudio para mejorar la ETAP de Sant Joan Despí mediante la sustitución del pretratamiento convencional existente (coagulación-floculación/decantación/filtración por arena) por una ultrafiltración presurizada.

El esquema de pretratamiento actual de esta ETAP consiste en un encadenamiento de procesos que incluyen una etapa fisicoquímica (coagulación-floculación), seguida por una decantación y filtración por arena. A continuación, a mitad del caudal se trata mediante una línea avanzada consistente en una ultrafiltración sumergida, desinfección ultravioleta, filtros de cartuchos y ósmosis inversa, seguido de una remineralización. La otra mitad del caudal pretratado se somete a etapas de ozonización y filtración con GAC. Finalmente las dos corrientes se unen, se cloran y se distribuyen.

Los resultados obtenidos demuestran la posibilidad de alcanzar un rendimiento sostenible incluso en condiciones optimizadas de operación, incluyendo períodos de filtración de mayor duración de las etapas que comprenden el contralavado y la reducción de la frecuencia de contralavado químico.

En conclusión, mediante la implantación de ultrafiltración directa y ósmosis inversa para el tratamiento de aguas superficiales de calidad variable, se proponen unos esquemas de potabilización más estables, compactos y sostenibles desde el punto de vista de consumo de reactivos químicos y generación de fangos.

B.5. Autor: Katrin Winarno et al. (51).

Realiza un estudio para comparar la degradación que se produce de 2-cloroanilina mediante tratamientos de oxidación avanzada. Realiza tres series de ensayos iguales a las que somete a O_3 , O_3/UV y $O_3/Rayos\ \gamma$ respectivamente.

Las disoluciones, cada una de 250 ml, las realiza con agua destilada a la que dopa con una concentración de 2-cloroanilina de $1 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$. La cantidad de ozono ($6,6 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$) que adiciona es la misma para las tres series.

El mayor rendimiento de eliminación se consigue por la combinación de $O_3/Rayos\ \gamma$, seguido por O_3/UV y O_3 .

B.6. Autor: España (57).

Considera que los procesos químicos de oxidación avanzada usan oxidantes (químicos) para reducir los niveles DQO/DBO, y para separar ambos los componentes orgánicos y los componentes inorgánicos oxidables. Los procesos pueden oxi-

dar totalmente los materiales orgánicos como carbón, CO_2 y agua aunque no es a menudo necesario operar estos procesos hasta este nivel de tratamiento.

Ésta disponible una amplia gama de procesos de oxidación avanzada:

- Procesos de oxidación química usando peróxido de hidrógeno, ozono, peróxido y ozono combinados, hipoclorito, reagente Fenton, etc.
- Elevación de la oxidación ultra violeta tanto como UV/ozono, UV/Peróxido de hidrógeno, UV/aire.
- Oxidación del aire húmedo y oxidación catalítica del aire húmedo (donde el aire es usado como oxidante).

Los procesos de oxidación avanzada son particularmente apropiados para aguas residuales que contienen recalcitrantes, tóxicos o materiales no-biodegradables. Los procesos ofrecen algunas ventajas sobre los procesos físicos y biológicos incluyendo:

- Procesos de operabilidad.
- Operaciones desatendidas.
- La ausencia de residuos secundarios.
- La habilidad para manejar fluctuaciones de flujo impuestas y composiciones.

Sin embargo, los procesos de oxidación avanzada a menudo tienen un capital y unos costos operacionales altos comparados con el tratamiento biológico.

La variante más indicada para cada aplicación es elegida en base a las propiedades químicas del agua residual.

B.7. Autor: Benítez et al. (8).

Realiza un estudio para comparar la degradación que se produce del ácido pro-catéquico mediante tratamientos de oxidación avanzada: O_3/UV y $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$. Tiene por objeto la modelización de la eliminación de este compuesto por estos procesos de las aguas residuales procedentes de almazaras.

B.8. Autor: Appleman et al. (2).

Realiza un estudio del tratamiento de las sustancias poli y perfluorocalinas (PFASs) en ETAP,s en funcioprnamiento en los Estados Unidos dada la ubicuidad –detectadas en más del 70 % de las aguas analizadas– de estos compuestos y los efectos que tienen sobre la salud humana incrementados por su persistencia y bio-acumulación.

Propone la utilización de procesos de intercambio iónico y de carbón activo granular para la eliminación de los compuestos de cadenas largas y de ósmosis inversa para los de cadenas cortas. Sin embargo, destaca que la coagulación-floculación-decantación, otros sistemas de filtración (granular, microfiltración, ultrafiltración), aireación y de oxidación química (permanganato, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, ozonización, dióxido de cloro, cloración o cloraminación) resultan ineficientes.

B.9. Autor: García-Ac et al. (35).

Realiza un estudio sobre la degradación de la ciclofosfamida y el metotrexato (drogas citostáticas) en una disolución de agua ultrapura mediante la aplicación de un tratamiento de oxidación por adición de O_3 y $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$. La importancia de estas drogas es que aparecen como resultado de un ineficiente tratamiento de aguas residuales de hospitales y domésticas, siendo estas drogas de naturaleza cancerígena, mutagénica y genotóxicas incluso en bajas concentraciones.

Las muestras se realizaron con unas concentraciones de 100 y 200 ng/L de cada compuesto a las que se aplicaron una dosis de ozono de 6 y 15 mg/L ; que son las que comunmente se utilizan en tratamientos de agua potable. Se incrementó el pH del agua ultrapura hasta 8,1 mediante la aplicación de fosfato. En las que se utilizó $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ se le adicionó 0,25 mg/L H_2O_2 por cada mg de O_3 antes de aplicar una dosis de 10 mg/L de O_3 .

El estudio tenía como objetivo la modelización de la degradación de los compuestos por la aplicación de tratamientos sin entrar en rendimientos aunque tras un estudio de las gráficas se puede estimar una reducción del 40 % de ciclofosfamida.

B.10. Autor: Lamsal et al. (56).

Realiza un estudio para comparar el rendimiento de los distintos procesos de oxidación avanzada para eliminar la materia orgánica natural. Los procesos fueron O_3/UV , $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ y $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$

Tras analizar los distintos procesos en las mismas condiciones, el autor concluye que el proceso de los anteriores con el que se obtiene un mayor rendimiento en la elimi-

nación de la materia orgánica total es el O_3/UV obteniendo una reducción del 31 % de la materia orgánica total y del 88 % del carbono orgánico total. Sin embargo, el proceso de H_2O_2/UV es más adecuado para la eliminación de trihalometanos y ácidos haloacéticos.

B.11. Autor: Katsoyiannis et al. (52).

Realiza un estudio sobre la eficiencia y necesidades de energía para la transformación de microcontaminantes mediante O_3 ; O_3/H_2O_2 ; y UV/H_2O_2 . Entre las conclusiones se puede destacar que la aplicación de H_2O_2 en O_3/H_2O_2 aumenta en un 25 % el consumo de energía que si fuera sólo con O_3 . Además, el uso de UV/H_2O_2 implica un incremento de energía entre 5 y 20 veces que si se aplica O_3/H_2O_2 .

B.12. Autor: Baeza et al. (6).

Realiza un estudio sobre la cinética de transformación de compuestos activos bioquímicamente mediante fotólisis de UV a baja presión y UV/H_2O_2 . Realiza los ensayos con 0, 2, 6 y 10 mg/L de H_2O_2 .

B.13. Autor: Edzwald et al. (23).

Realiza un estudio de los tratamientos necesarios a realizar al agua salubre³ previos a la realización de un proceso de ósmosis inversa. Entre los iones que estudia se encuentra el boro por su afección sobre la alcalinidad –como la capacidad de neutralización del agua salobre– y los tratamientos de control del pH y por los efectos en la salud humana sobre el desarrollo y el sistema reproductivo. Entre las conclusiones alcanzadas destaca que es preferible la utilización de los coagulantes con base en hierro –en particular, cloruro férrico en concentraciones de 1 a 10 mg/L– en lugar de los de aluminio –cloruros polialumínicos– ya que estos últimos se desaconsejan por la excesiva solubilidad en agua salubre. Los coagulantes con base en hierro tienen un amplio rango de pH y de temperatura para su utilización.

---

³El agua salubre contiene una alta cantidad de sólidos totales disueltos nombrandose normalmente por su salinidad medida en ppt (g/kg). La salinidad media en el oceano es de 35 ppt.

B.14. Autor: Rivera-Utrilla et al. (74).

Realiza un estudio del rendimiento de los distintos procesos en la eliminación de diversos compuestos farmacéuticos. El máximo rendimiento se obtiene por la aplicación de UV/H₂O₂ durante 2 min o con 120 min aplicando sólo UV. Sin embargo, la utilización de GAC tiene como ventaja que no se generan subproductos tras aplicar un proceso de oxidación avanzada.

B.15. Autor: Matilainen et al. (61).

Realiza un estudio para eliminar la materia orgánica natural del agua potable mediante procesos de oxidación avanzada.⁴ Los procesos utilizados son: O₃/H₂O₂; O₃/UV, UV/H₂O₂, TiO₂/UV, H₂O₂/catálisis, Reacción de Fenton⁵ y foto-Fenton⁶; y ultrasonidos⁷. Realiza una comparación de diversas investigaciones que han ido apareciendo recientemente sobre el tema del asunto.

B.16. Autor: Xuexiang et al. (96).

Realiza un estudio para medir la eficiencia de los procesos de oxidación avanzada, en particular UV-C/H₂O₂, en la eliminación de la microcistina-LR (MC-LR) en muestras de agua natural superficial. Entre las conclusiones alcanzadas se obtiene que para concentraciones bajas de MC-LR se alcanza un rendimiento del 93,9 % debido principalmente al efecto de la radiación UV. Sin embargo, cuando aumenta dicha concentración el rendimiento decrece debido probablemente a la competición entre los subproductos y el MC-LR por los radicales hidróxilos. Además, al aumentar la concentración de H₂O₂ se aumenta el rendimiento de eliminación aunque esta influencia empieza a ser significativa sólo a altas concentraciones de H₂O₂. El ren-

---

⁴Estudia este aspecto debido a que la materia orgánica natural provoca:

1. el efecto negativo en la calidad del agua por problemas con el color, sabor y olor,
2. el incremento en la dosis de coagulante y desinfectante requerido,
3. promueve el incremento de actividad biológica en el sistema de distribución,
4. y porque incrementa el nivel de complejidad de los contaminantes (metales pesados y adsorción de compuestos orgánicos).

⁵Fe²⁺/H₂O₂.

⁶Fe²⁺/H₂O₂/UV.

⁷VUV (Vacuum ultraviolet) o radiación ionizante.

dimiento óptimo se ha alcanzado con los siguientes parámetros: 0,27 mW/cm² de UV-C; 1 μM MC-LR; y 882 μM H₂O₂.

B.17. Autor: Drzewicz et al. (22).

Realiza un estudio en el que monitoriza la toxicidad durante la degradación de los pesticidas 2,4D⁸ y dicamba⁹ al aplicar un sistema de radiación ionizante. Entre las conclusiones se puede destacar que, aunque la degradación de estos compuestos aumenta conforme lo hace la dosis de radiación, los subproductos generados son incluso más tóxicos que los pesticidas de origen. Los ensayos se realizan con concentraciones de 50 mg/L de 2,4D y 110 mg/L (0,5mM) de dicamba debido a la sensibilidad del aparato de medida de la toxicidad (Microtox M500). Se han realizado ensayos sin adicionar con estas concentraciones, añadiendo 400 g/L de bicarbonato y añadiendo 50 mg/L de nitrato.

B.18. Autor: Goslan et al. (37).

Realiza un estudio para reducir la cantidad de materia orgánica natural en depósitos de agua mediante procesos de fotólisis de UV y de oxidación avanzada. Los procesos de estudio fueron: fotólisis UV-C, UV/H₂O₂, reacción de Fenton y foto-Fenton.

Las conclusiones obtenidas fueron:

- Son requeridas muy altas dosis de UV-C para encontrar resultados. No se observó ningún resultado en la remoción de carbón orgánico disuelto con las dosis utilizadas (más de 1.100 J/cm).
- H₂O₂ combinado con UV-C incrementa el rendimiento en la eliminación de carbón orgánico disuelto mucho más que sólo utilizando UV-C.
- La reacción de foto-Fenton es el proceso con el que se obtiene un mayor rendimiento de los cuatro estudiados para reducir el carbón orgánico disuelto.

B.19. Autor: Khan et al. (53).

Realiza un estudio comparativo de los rendimientos obtenidos en la eliminación de la atracina mediante procesos de foto-Fenton y foto-Fenton con oxidación

---

⁸ácido 2,4-diclorofenoxiacético.

⁹ácido 3,6-dicloro-2-metoxi-benzónico

avanzada.

Los procesos estudiados son: $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$, $\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{2+}$ y $\text{UV}/\text{HSO}_5^-/\text{Fe}^{2+}$. Los ensayos se realizaron en dos series con distintos pH: 3,0 y 5,8. A pH 3,0, el $\text{UV}/\text{HSO}_5^-/\text{Fe}^{2+}$ resultó el más eficiente mientras que el $\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{2+}$ fue a pH 5,8. Para la eliminación de $4,64 \mu\text{M}$ de atracina con $92,80 \mu\text{M}$ de oxidante y $8,95 \mu\text{M}$ Fe^{2+} con pH 3,0 se necesitaron las siguientes dosis de UV: $480 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ para $\text{UV}/\text{HSO}_5^-/\text{Fe}^{2+}$; $720 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ para $\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{2+}$; y $960 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ para $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$. Con respecto a la eliminación del carbón orgánico total, para una concentración de $18,56 \mu\text{M}$ de atracina con $1856,0 \mu\text{M}$ de oxidante y $17,91 \mu\text{M}$ Fe^{2+} y una dosis de UV de $6.000 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ se obtuvieron los siguientes rendimientos: $62,94 \%$ para $\text{UV}/\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{Fe}^{2+}$; $47,10 \%$ para $\text{UV}/\text{HSO}_5^-/\text{Fe}^{2+}$; y $44,09 \%$ para $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$. Como conclusión final, el autor sostiene que los procesos que utilizan la reacción de Fenton y foto-Fenton son eficientes en la eliminación de la atracina.

B.20. Autor: Wols et al. (92).

Realiza un estudio sobre la degradación de 40 productos farmacéuticos mediante la aplicación de un proceso con $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$. Las series las realiza modificando la tipología de las lámparas UV. Utiliza lámpara de baja presión monocromáticas (LP) y de media presión policromáticas (MP) demostrando que si sólo se utiliza la UV, las lámparas de media presión necesitan mucho menos tiempo de contacto que las de baja, aunque el consumo de energía es alrededor del doble. Además, Encuentra diferencias en la degradación de los productos dependiendo de su naturaleza. Además, realiza los ensayos con dos concentraciones de H_2O_2 : 0 y $10 \text{ mg}/\text{L}$. Concluye que con una dosis de 500 (MP) y $1000 \text{ (LP)} \text{ mJ}/\text{cm}^2$ y $10 \text{ mg}/\text{L}$ de H_2O_2 se obtiene un rendimiento del 90% en números totales –para el ketoprofen, prednisolone y pindolol la eliminación es casi completa, sin embargo, es casi nula para el metformin, cyclophosphamide e ifosfamide–.

B.21. Autor: Xiao et al. (95).

Realiza un estudio sobre la fotodegradación de 6 trihalometanos ionizados¹⁰ en una solución acuosa mediante radiación UV_{254} y $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$. Obtiene como resultado una degradación del 26% con una dosis de $140 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ y 84% con una dosis de $540 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ y $6 \text{ mg}/\text{L}$ de H_2O_2 .

---

¹⁰ CHCl_2I , CHClBrI , CHBr_2I , CHClI_2 , CHBrI_2 y CHI_3

B.22. Autor: Black et al. (9).

Realiza un estudio para determinar la tasa de eliminación durante procesos de oxidación $-O_3$ y UV/ H_2O_2 – y de biofiltración (Carbón activo biológico - BAC). Obtiene las siguientes conclusiones:

- La ozonización reacciona preferentemente cuanto mayor es el peso molecular de la materia orgánica natural coloreada. Sin embargo, una reducción de la materia orgánica natural de alto peso molecular no parece aumentar la biodegradabilidad del agua bruta.
- Los procesos de oxidación avanzada reaccionan con todas las fracciones de peso molecular de materia orgánica natural coloreada de igual manera.
- Ni el proceso de ozonización ni el de UV/ H_2O_2 reaccionaron de forma preferente con ninguna de las fracciones de materia orgánica fuera biodegradable o no.
- El proceso de ozonización y el de UV/ H_2O_2 afectó de forma similar a la cantidad de carbón orgánico disuelto procedente de la materia orgánica natural biodegradable y no biodegradable para todos los pesos moleculares de las fracciones de materia orgánica natural coloreada observadas.
- Independientemente de las condiciones de oxidación aplicadas, la velocidad de biodegradación no cambiaron.

B.23. Autor: Toor et al. (81).

Realiza un estudio sobre cómo combinado los procesos de UV/ H_2O_2 y carbón activo biológico afectan a la reducción de subproductos de la desinfección – trihalomeanos y ácidos haloacéticos– en el agua potable. Los ensayos de oxidación avanzada se realizaron con los siguientes rangos: UV en $[0,3500]$ mJ/cm^2 y en H_2O_2 $[0,44]$ mg/L . De este estudio se obtuvo que la eliminación de los subproductos sólo es eficiente a partir de dosis superiores a $1000 mJ/cm^2$ y concentraciones iniciales de H_2O_2 de $23 mg/L$. Sin embargo, el proceso combinado de OAV-BAC obtuvo una reducción del 43 % de los subproductos, del 53 % en el carbón orgánico total y de un 59 % de la necesidad de dosis de UV₂₅₄. Además, concluye que el proceso OAC-BAC no influye en la bioestabilidad del agua.

B.24. Autor: Sanchez-Polo et al. (80).

Realiza un estudio de la fotooxidación de ácidos naftalenosulfónicos comparando los procesos de O_3 , O_3 /GAC y UV/ H_2O_2 . Entre las conclusiones que obtiene se pueden destacar:

- Los tratamientos en los que sólo se aplica UV₂₅₄ no son efectivos para degradar los ácidos naftalenosulfónicos.
- Los rendimientos aumentan un 10 % si se utilizan lámparas de media presión en lugar de baja.
- Si a ese proceso de UV se le agregan 3 mM de H_2O_2 el rendimiento aumenta en un 50 %.
- Al comparar el rendimiento entre O_3 y O_3 /GAC, se puede concluir que se reduce en un 50 % el tiempo de contacto.

B.25. Autor: Van Geluwe et al. (89).

Realiza un estudio para determinar cómo afecta un tratamiento de O_3 sobre el ensuciamiento de una membrana. Entre las conclusiones destaca que la aplicación de O_3 previo a las membranas permite la ruptura de las cadenas de materia orgánica en otras más pequeñas que pueden ser removidas de la superficie de la membrana con más facilidad.

B.26. Autor: Pisarenko et al. (70).

Realiza un estudio para determinar los efectos que produce un tratamiento de O_3 / H_2O_2 sobre los contaminantes orgánicos en trazas y la N-nitrosodimetilamina (NDMA) en agua potable y posible aplicaciones en la reutilización de las aguas. En las series de ensayos utiliza cinco dosis de O_3 : 0,6; 1,5; 3; 6 y 10 mg/L con una ratio de 0,7 mol de H_2O_2 para evaluar la destrucción de la NDMA. La concentración de la NDMA fue de 2300 ng/L y de 1000 ng/L para los contaminantes orgánicos en trazas excepto para el TCEP y TCCP que fue de 5000 ng/L. Obtiene los siguientes rendimientos para la eliminación del NDMA en tratamientos de aguas:

- 12 % de eliminación con 10 mg/L O_3
- 12 % de eliminación con 1,5 mg/L O_3 y 0,5 mg H_2O_2 /L
- 46 % de eliminación con 10 mg/L O_3 y 3,5 mg H_2O_2 /L

B.27. Autor: Rao et al. (73).

Realiza un estudio para determinar la cinética de degradación del linurón¹¹ (3-[3,4-(diclorofenil)-1-metoxi-1-metilurea]) al aplicarle los procesos de UV, O₃ y UV/O₃. Entre las conclusiones se puede destacar que el tratamiento de UV/O₃ es alrededor de 3,5 y 2,5 veces más rápido que si le se aplica respectivamente el de UV y O₃ de forma aislada. Además, la tasa de degradación aumenta exponencialmente con pH mayor de 9 y por debajo de éste el incremento es insignificante. Para un pH 6, 0,1 mM de linurón, 0,0171 O₃ y $6,0 \times 10^{-6}$ Einstein l⁻¹s⁻¹, se necesitaron 35 min con sólo UV, 22,5 min con sólo O₃ y 10 min con UV/O₃ para degradar el linurón.

B.28. Autor: Liu et al. (58).

Realiza un estudio sobre la fotodegradación con UV del etridiazol durante el tratamiento de agua potable. Entre las conclusiones se puede destacar que la constante de primer orden de la degradación disminuye conforme aumenta la concentración inicial de etridiazol (estudiada para 5, 20 y 30 µM) y que no se observa ninguna dependencia del pH para un rango entre 6 y 8. Finalmente, concluye que no se puede eliminar de forma efectiva el etridiazol mediante un proceso aislado de UV con una dosis típica de 40 mJ cm⁻².

B.29. Autor: Wu et al. (93).

Realiza un estudio sobre la ozonización de los pesticidas organofosforados (diazinón, metil-paratión y paratión) y la formación de oxones intermedios. El diazinón sufre una rápida degradación (30 min) mediante la ozonización, la cual aumenta conforme lo hace el pH. Sin embargo, no tiene el mismo efecto sobre el metil-paratión y el paratión.

B.30. Autor: Qiang et al. (71).

Realiza un estudio sobre la degradación del alaclor¹² (2-cloro-2'6'-dietil-N-(metoxymetil)acetanilida) mediante procesos de O₃ y O₃/H₂O₂. Determina una eliminación del 33,8±5,8 % para el O₃ y del 26,7±11,5 % para O₃/H₂O₂.

---

¹¹Utilizado comunmente como herbicida.

¹²Utilizado comunmente como herbicida.

B.31. Autor: Shin et al. (77).

Realiza un estudio sobre cómo aumenta la eliminación del dicloroacetnitrilo del agua potable mediante la combinación de un proceso fotocatalisis solar y de ozonización, en particular con $UV_{solar}/TiO_2/O_3$. La cantidad óptima de TiO_2 y de O_3 fueron $1\text{ g l}^{-1}\text{ h}^{-1}$. La tasa de degradación aumenta conforme lo hace la intensidad de UV_{solar} en un rango de $[4,6-25]\text{ W m}^{-2}$. Concluye que mediante la aplicación de este sistema se obtiene la degradación total del dicloroacetnitrilo y que el tratamiento de $UV_{solar}/TiO_2/O_3$ es 4,6 veces más rápido que si sólo se aplica UV_{solar}/TiO_2 .

B.32. Autor: Kleiser et al. (55).

Realiza un estudio sobre la afección del ozono y los radicales inducidos de OH sobre los precursores de subproductos de la desinfección. Tiene por objeto estudiar la afección que un pretratamiento con oxidación sobre los centros de materia orgánica natural. Los ensayos se relizaron con agua del río Ruhr (Alemania) con una concentración de carbón orgánico disuelto de 2 mg/L .

La ozonización produjo un eliminación selectiva de los subproductos. Después de aplicar una cantidad de ozono de $1,5\text{ mg/mg}$ de DOC, se produjo una eliminación del 68 % en el potencial de formación de trihalometanos y del 73 % en el potencial de formación de halógenos orgánicos adsorbibles con carbón activo con respecto al inicial. No se observa una afección de la materia orgánica natural cuando se le aplica dosis de ozono entre 0,5 y $1,5\text{ mg/mg}$ de DOC.

la aplicación de UV/H_2O_2 se obtuvo un valor máximo de potencial de formación de trihalometanos del 20 % con respecto al inicial. Después de aplicar una cantidad de radiación de 1.050 min y un consumo de $5,6\text{ mg/L}$ de H_2O_2 , se produjo una eliminación del 75 % en el potencial de formación de trihalometanos y del 71 % en el potencial de formación de halógenos orgánicos adsorbibles con carbón activo con respecto al inicial.

B.33. Autor: Maniero et al. (59).

Realiza un estudio para la degradación de los estrógenos 17β -estradiol y 17α -etinilestradiol mediante O_3 y O_3/H_2O_2 en tres valores de pH distintos (3, 7 y 11). Ya sólo con O_3 se obtuvo una reducción del 100 % de 17β -estradiol y 99,5 % de 17α -etinilestradiol con pH 3, lo que alcanzó el 100 % en ambos con O_3/H_2O_2 . Incluso con pH 11 se obtuvo un rendimiento del 98 % de 17β -estradiol y 96 % de 17α -etinilestradiol.

B.34. Autor: Jung et al. (50).

Realiza un estudio para eliminar la amoxicilina (β -lactam antibiotic amoxicillin) mediante procesos de UV y UV/H₂O₂. Se ha obtenido un máximo rendimiento de eliminación del 50 % para 80 min de una dosis de UV de $3,8 \times 10^{-3}$ Einstein l⁻¹ con 10 mM de H₂O₂.

B.35. Autor: Medellin-Castillo et al. (62).

Realiza un estudio para evaluar el rendimiento de eliminación del dietil ftalato de una solución acuosa mediante adsorción, ozonización, UV, UV/H₂O₂, O₃/H₂O₂ y O₃/CAG.

B.36. Autor: varios.

Uno de los proyectos del Departamento de Energía de los Estados Unidos trata de integrar un sistema combinado de energía eólica y de membranas de ósmosis inversa. Esto es fruto de que el coste de energía del agua desalinizada por ósmosis inversa supone un 40 % del total. Las variaciones que pueda sufrir el viento son mitigadas con la gestión de reservas de agua dado lo fácil y barato que es su almacenamiento.

B.37. Autor: Greifenstein et al. (38).

Realiza un estudio sobre el impacto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad química y olor del agua empaquetada por medios militares en botellas de tereftalato de polietileno (PET). Dicho estudio se realiza como consecuencia de que a partir de la guerra del Golfo de 1990 se ha producido una paulatina sustitución del agua a granel tratada mediante plantas de tratamiento de ósmosis inversa por agua embotellada en envases de PET que se encuentra en depósito entre 4 a 15 meses antes de su consumo. En zonas desérticas el consumo de este agua embotellada puede alcanzar los 15 l diarios si se quiere mantener una fuerza en condiciones de ser empleada con eficiencia y disponibilidad plena. El elevado coste del suministro en Zona de Operaciones de agua embotellada comercialmente (50

\$/galón) ha obligado a embotellar con plantas de tratamiento militares el agua que anteriormente se suministraba a granel.

Durante el estudio se ha demostrado que la calidad química y de olor del agua embotellada en PET varía a lo largo del tiempo y el incremento de temperatura. Se sobrepasaron los niveles de pH límite establecidos en la normativa de los Estados Unidos de América, pero no los de contaminantes orgánicos. Sin embargo, el incremento de olor puede llegar a provocar el rechazo en su consumo lo que afectaría a la hidratación de las tropas. Para evitar lo anterior, el autor recomienda consumir el agua embotellada antes de 14 días y neutraliza todos los desinfectantes antes del embotellado.

B.38. Autor: Illés2014 et al. (45).

Realiza un estudio sobre la remoción del ketoprofen (KET) mediante procesos de O_3 y O_3/UV . El autor compara la cinética de eliminación de este compuesto determinado que dependiendo de la concentración inicial del mismo el proceso de O_3/UV es entre catorce y cincuenta veces más rápido que si sólo se aplica O_3 . Se obtiene una reducción del 95 % con O_3/UV y del 65 % con O_3 .

B.39. Autor: Ocampo-Pérez et al. (65).

Realiza un estudio sobre la degradación de la citarabina antineoplástica en fase acuosa mediante los procesos de UV, UV/H_2O_2 y $UV/K_2S_2O_8$. El rendimiento de eliminación obtenido al aplicar sólo UV es prácticamente cero. Este rendimiento aumenta al aplicar UV/H_2O_2 y aún más con $UV/K_2S_2O_8$ debido a la liberación de radicales $SO_4^{\cdot -}$. Su rendimiento se ve afectado por el pH siendo mínimo con pH= 2 y máximo con pH neutro.

B.40. Autor: Zhao et al. (97).

Realiza un estudio para realizar de forma simultánea la reducción de ácido húmico y el control del bromato mediante procesos de O_3 y UV/O_3 . Las concentraciones de bromato formadas al aplicar UV/O_3 fueron menores que cuando sólo se empleó O_3 una vez que la concentración de ácido húmico alcanzo cierto nivel. Sin embargo, la concentración de bromato al aplicar UV/O_3 todavía exceden el límite de 10 $\mu g/L$ cuando se aplica una alta dosis de O_3 a bajas concentraciones de ácido húmico, especialmente si el agua de origen contiene una alta concentración de Br^- . Una reducción de la dosis de ozono puede ser una forma de controlar la formación

de bromato y la eliminación del ácido húmico al aplicar UV/O₃ porque disminuye la exposición a los ·OH y a la concentración de ozono residual dirigida a controlar el efecto que la eliminación del ácido húmico tiene sobre la generación de bromato. Por lo tanto, la radiación UV₂₅₄ con ozono puede ser una alternativa para realizar de forma simultánea la eliminación del ácido húmico y el control del bromato.

B.41. Autor: Velo-Gala et al. (90).

Realiza un estudio para medir la degradación de diatrizoato (DTZ) sódico en solución acuosa mediante técnicas de oxidación avanzada y reacción de Fenton. Se puede destacar entre las conclusiones del estudio que:

- con la reacción de Fenton, el porcentaje de DTZ eliminado es independiente de la concentración inicial de Fe²⁺, y la variable más influyente es la concentración inicial de H₂O₂. Sin embargo, sí que está inflida por la concentración inicial de Fe³⁺ y de H₂O₂.
- la aplicación de UV/K₂S₂O₈ produce una degradación más efectiva, establecida en un 24 % superior, que al aplicar UV/H₂O₂ para pH 6,5 y una concentración inicial de DTZ de 25 mg/L.

B.42. Autor: Han et al. (40).

Realiza un estudio para suprimir la formación de bromato mediante procesos de ozonización con ferrato (IV). Se trata de un estudio multivariable con diferentes condiciones en los siguientes rangos:

- Dosis de ozono: 1,5 - 4,0 mg/L.
- Concentración inicial de bromuro: 100 - 1.500 µg/L.
- Temperatura: 5 - 40 °C
- Alcalinidad: 25 - 250 mg/L.
- Materia orgánica natural: 0.1 - 10 mg/L
- Dosis de ferrato (IV): 0 - 5,0 mg/L

Entre las conclusiones destaca que la dosis de ferrato (IV) para alcanzar una reducción del 100 % de bromuro es de 2,0 mg/L con unas condiciones de: dosis de ozono ≤ 2,5 mg/L, concentración inicial de bromuro ≤ 200 µg/L, pH ≤ 9,0 y una temperatura de 40 °C.

B.43. Autor: Ben-Sasson et al. (7).

Realiza un estudio para mejorar el rendimiento de la microfiltración en la eliminación de la materia orgánica natural mediante un pretratamiento en base a electrocoagulación. La principal conclusión que obtiene es que un pretratamiento de electrocoagulación basado en hierro y aluminio mejora el rendimiento de la microfiltración en la eliminación de la materia orgánica natural debido a que reduce significativamente el fouling de materia orgánica natural, y por consiguiente reduce el consumo de energía para realizar la filtración, y porque participa en el propio proceso de eliminación de la materia orgánica natural. El efecto conseguido por la electrocoagulación tiene una alta dependencia del pH, del material del ánodo, del tiempo de contacto de electrocoagulación, y de la concentración y tipo de la materia orgánica natural. Concluye indicando que la combinación de ambos métodos obtiene un rendimiento de eliminación mayor que si se trata sólo de ultrafiltración.

B.44. Autor: Xiang et al. (94).

Realiza un estudio para medir el rendimiento de eliminación del virus phage F2 en agua potable mediante la utilización de reactores de membranas de adsorción de Nano-Ti₂. Utiliza 2 membranas: la PAN 0,05 μm y la PVDF 0,20 μm . Los ensayos se realizaron de forma individualizada (obteniendo la PAN un mayor rendimiento de eliminación que la PVDF) y utilizando una membrana construída mediante la adhesión de las dos anteriores. Los rendimientos que alcanzó fueron los siguientes:

- PVDF: 98,68 - 99,72 %
- PAN: 99,998 - 99,9998 %
- PVDF / PAN: 99,986 - 99,99996 %

El autor concluye tanto la adsorción de nanomateriales en la membrana combinada y la capa formada en la superficie de la membrana durante la operación hacen de éste que sea estable y eficaz en la eliminación del phage F2.

B.45. Autor: Epimakhov et al. (27).

Realiza un estudio para medir la eficacia de eliminación de contaminantes procedentes de centrales nucleares mediante procesos de ósmosis inversa. El estudio lo centra en los radionucleidos ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs dado que considera que suponen que el 90 % de los contaminantes generados por estas centrales. Los rendimientos que obtiene son los siguientes:

- ^{60}Co : inicial $(1,5-320)10^2 \text{ Bq/L} \Rightarrow \text{final} \leq 1 \cdot 10^{-12} \text{ Bq/L}$
- ^{90}Sr : inicial $(0,074-220)10^2 \text{ Bq/L} \Rightarrow \text{final} \leq 1 \text{ Bq/L}$
- ^{137}Cs : inicial $(0,074-2900)10^2 \text{ Bq/L} \Rightarrow \text{final} \leq 1 \cdot 10^{-12} \text{ Bq/L}$

B.46. Autor: Han et al. (39).

Realiza un estudio para determinar la formación e inhibición del bromato durante procesos de ferrato (VI) y de oxidación avanzada con O_3 . Las series de ensayos se realizaron atendiendo a las siguientes variables:

- dosis de ferrato (VI): 0-5,0 mgh/L.
- concetración de bromuro: 100-1.500 $\mu\text{g/L}$.
- concentración de O_3 : 1,5; 2,5 y 40 mg/L.
- pH: 3,0-11,0.
- temperatura: 278 K, 298 K y 313 K.
- tiempo de reacción: 0-60 min

La inhibición del bromato se alcanzó con los siguientes parámetros: dosis de ferrato (VI) de 1 o 2 mg/L, $[\text{O}_3] \leq 2,5 \text{ mg/L}$, $[\text{Br}^-] \leq 200 \mu\text{mg/L}$, $\text{pH} \leq 9$ y temperatura $\leq 313 \text{ K}$. El mecanismo de inhibición tuvo efecto debido a la producción de productos intermedios de ferrato (VI), como Fe(III), Fe(II), H_2O_2 e hidróxidos de Fe(III), los cuáles provocaron efetos tanto de reducción como floculantes sobre BrO_3^- o HBrO/BrO^- los que afectó en que se produjo una menor cantidad de bromato. El estudio concluye con que el ferrato (VI) puede reducir la concentración de bromato hasta niveles inferiores a los solicitados por la legislación en un amplio rango de pH (3,0-11,0). Además, la inhibición del bromato mediante procesos de ferrato(VI)- O_3 se ve potenciado con temperatura ambiente alta.

Water supply must be considered-at least regionally-as a critical infrastructure. Potential threats for water supply can be various and include: accidents, involving water-polluting substances which are transported on roads and railways contaminations of catchment areas from landfills or industrial facilities contaminations of catchment areas or parts of the water supply infrastructure as a result from natural hazards like floods destruction of pipelines and installations by floods or mudflows power blackout, failures or misuse of data transfers and telecontrol intentional attacks on water supply facilities with criminal or terroristic background contamination by unclear fallout caused by nuclear reactor accidents

B.47. Autor: Udovky (82).

Realiza un estudio sobre la viabilidad de utilizar la luz solar a nivel doméstico para tratamiento de agua potable y depuración. Una parte de los ensayos para la eliminación de aguas residuales los realiza con una concentración de 1 g/L TiO_2 , lo que supone un 0,1 %, de composición de 80/20 de anatase/rutile, un tamaño de partícula de 30 nm, con una superficie activa de $50 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ y con tiempos de retención de entre 1 y 12 h tomando medidas cada 1 h.

Anexo C

Tratamientos que reducen la radiactividad

C.1. Autor: Consejo de Seguridad Nacional (98).

Propone un sistema estándar de potabilización que produzca una disminución media en la dosis debida a su ingesta del 90 % de uranio y radio (radionucleido naturales) y una reducción considerable de radionucleidos artificiales –principalmente cesio y estroncio– (98).

Estas investigaciones han sido realizadas por las universidades de Extremadura (Departamento de Física Aplicada) y del País Vasco (Departamento de Ingeniería Nuclear y de Mecánica de Fluidos) utilizando procesos de descontaminación radicativa acordes con los tratamientos legalmente establecidos en España.

Los sistemas estudiados fueron:

- coagulación (sulfato de alúmina con agitación rápida) - floculación - decantación - filtración (filtro de arena) - desinfección (cloración).
- coagulación (polímero de aluminio –policlorosulfato básico de aluminio DK-FLOC 1010–) - floculación - decantación - filtración (lechos filtrantes de arena) - desinfección (cloración).
- preoxidación (permanganato, cloro u ozono) - coagulación (polímero de aluminio –PAX XL-63–) - floculación (polímero orgánico –CROSEFLOC A-220–) - decantación - filtración (lechos filtrantes de arena) - desinfección (cloración).
- precloración (cloro gas) - coagulación (sulfato de aluminio) - floculación (sílice activada) - decantación - filtración (lechos filtrantes de arena silíceo) - desinfección (cloración).
- coagulación (cloruro férrico) - recirculación de fangos de decantación.

- precloración (cloro) - coagulación (policlorosulfato básico de aluminio) - floculación - decantación (decantador cilíndrico cónico) - filtración (filtro de arena silíceo) - desinfección (cloración).

La investigación de rendimientos se realizó según la norma ASTM D2035-80 (reaprobada en 1995) “Standard practice for coagulation-flocculation jar test of water” y, posteriormente, sobre una planta piloto aplicando las conclusiones obtenidas de la prueba de jarras. Los procesos establecidos en la planta piloto fueron: coagulación (sulfato de aluminio o férrico como norma general) - floculación (habitualmente Prosedim ASP25) - decantación - filtración (filtro bicapa de zeolita¹ y arena) - desinfección (cloración). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Radionucleidos naturales.** Los resultados que obtuvieron indican que las mejores descontaminaciones radiactivas para el uranio se producen a pH 6, obteniendo unas eficiencias de eliminación entre el 60 % y el 90 %, dependiendo de las características químicas del agua concreta ensayada (98). Para el caso del radio, para conseguir la misma eficiencia el rango de valores de pH asciende de 9.5 a 10. Explica esta subida de pH debido a las características de este catión positivo. De estos resultados, durante el proceso de coagulación - floculación se consiguieron una eliminación del 50 % de radio y 85 % de uranio ampliándose a un 100 % en el primer caso y el 90 % en el segundo si se le añade el proceso de lechos filtrantes de la planta piloto tanto para pH 6 como para el entorno 9.5-10, aunque las mejores descontaminaciones de uranio se producen a pH 6.
- **Radionucleidos artificiales.** Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el americio es eliminado de manera prácticamente absoluta en la clarificación del agua 95 % y que la eliminación es debida al proceso de coagulación. Sin embargo, para el caso del cesio es necesaria además la presencia de lechos de arena para alcanzar una eliminación del 70 %. Aun así, el porcentaje de eliminación de estroncio es muy pequeño (alrededor del 20 %).

---

¹La zeolita se introdujo para la retención del radio (A3)

C.2. Autor: Straub, Conrad P (4).

Es de destacar que esta obra fue escrita en plena Guerra Fría, por lo que el autor del capítulo 14 –dedicado a la radiactividad (4)– está, por un lado, influenciado por la preocupación de un ataque nuclear y, por el otro, por las técnicas existentes en aquella época. Sin embargo, estas técnicas han ido mejorando con el tiempo, de lo que podemos deducir que los datos de reducción de contaminantes son los mínimos que se podrían conseguir en la actualidad.

Los tratamientos que propone el autor son los siguientes:

1. Tratamientos convencionales

a) Coagulación y sedimentación:

Uno de los primeros tratamientos que propone el autor es la utilización de la coagulación, principalmente con sulfato de aluminio o cloruro férrico en las dosis habituales de esa época de 17.1, 34.2 y 103 mg/L con un pH inicial de alrededor de 7.5.

El autor considera que la coagulación es eficaz para la eliminación de la mayor parte de los cationes de valencias 3, 4 y 5 y tierras raras. Sin embargo, no lo es para el cesio, estroncio o bario. Para ello, sugiere eliminar estos radionúclidos solubles mediante adsorción utilizando arcillas.

Los resultados de reducción de radiactividad soluble por coagulación química son los siguientes:

Núclido	Reducción media (%)	Coagulantes empleados	Dosis coagulante mg/L
Cs ¹³⁷ -Ba ^{137m}	0.5	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Sr ⁸⁹	3	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Sr ⁸⁹	38	Se añaden cantidades variables variables de arcilla	
Sr ^{89,90}	3	Alumbre, Fe ₂ (SO ₄) ₃ y otros tratamientos	10 como Fe y como Al
Ba ¹⁴⁰ -La ¹⁴⁰	52	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Ba ¹⁴⁰ -La ¹⁴⁰	64	CaCO ₃ y FeCl ₃ o alumbre	50-100
Sc ⁴⁶	92	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Y ⁹¹	89	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Zr ⁹⁵ -Nb ⁹⁵	80	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Zr ⁹⁵ -Nb ⁹⁵	88	CaCO ₃ y FeCl ₃ o alumbre	40-400
P ³²	96	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
P ³²	97		
Cr ⁵¹	6	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Mo ⁹⁹	10	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
W ¹⁸⁵	46	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Re ¹⁸⁶	6	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
I ¹³¹	12	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
I ¹³¹	42	CaCO ₃ y FeCl ₃ o alumbre	50-200
I ¹³¹	0,8	Variedad de reactivos	
Ru ¹⁰³	77	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ o alumbre	17.1, 34.2 y 103
Co ⁶⁰	16	CaCO ₃ y FeCl ₃ o alumbre	50-100
Pr ¹⁴²	96	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ , FeSO ₄ ·7H ₂ O	17.1, 34.2 y 103
Ce ¹⁴⁴ -Pr ¹⁴⁴	91	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ o alumbre	17.1, 34.2 y 103
Ce ^{141,144} -Pr ¹⁴⁴	98	CaCO ₃ y FeCl ₃ o alumbre	50-100
Pm ¹⁴⁷	87	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ o alumbre	17.1, 34.2 y 103
Sm ¹⁵³	91	Al ₂ (SO ₄) ₃ , FeCl ₃ o alumbre	17.1, 34.2 y 103
Mezcla de productos de fisión	89	FeCl ₃ +CaCO ₃	170-240
Ba 5 %, Ce 27, Cs 1 Ru 3, Sr 17, TRE 4 Otros 3			
Mezcla de productos de fisión	55	FeCl ₃ +CaCO ₃	100-400
Ba 5 %, Ce 5, Cs 50 Ru 16, Sr 10, TRE 10 Otros 4			

Cuadro C.1: Reducción de radiactividad soluble por coagulación química

b) Filtración con arena:

El autor considera ineficaz el uso de filtros de arenas para eliminar materiales radiactivos que no hayan sido floculados.

Con respecto a los filtros rápidos, éstos son indicados para eliminar escandio, tritio y circonio-niobio, pero no estroncio, cesio y tungsteno.

Núclido	Reducción media (%)
Cs ¹³⁷ -Ba ^{137m}	50
Sr ⁸⁹	4
Cd ¹¹⁵	95
Ba ¹⁴⁰ -La ¹⁴⁰	74
Sc ⁴⁶	96
Y ⁹¹	87
Zr ⁹⁵ -Nb ⁹⁵	93
W ¹⁸⁵	8

Cuadro C.2: Reducción de radiactividad en laboratorio por filtración con arena

Con respecto a los filtros lentos, la eliminación del cerio y del plutonio fue más eficaz que la del yodo, rutenio y estroncio.

c) Ablandamiento con sosa-cal:

El autor considera que la eliminación de Ba¹⁴⁰-La¹⁴⁰, Sr⁸⁹, Cd¹¹⁵, Sc⁴⁶, Y⁹¹ y Zr⁹⁵-Nb⁹⁵ solubles; en cambio, no se mostró eficaz para la eliminación de I¹³¹, Cs¹³⁷-Ba^{137m}, W¹⁸⁵ solubles. En el caso de eliminación de estroncio, se requiere un aumento de hasta tres veces las exigencias químicas estequiométricas para alcanzar unos índices de separación del estroncio, de 75 a 90 %.

d) Intercambio iónico:

El intercambio iónico es uno de los mejores tratamientos para la reducción de la radiactividad en el agua alcanzando con un lecho mixto el 98 % en la mayoría de los trazadores solubles estudiados. Los valores que muestra el autor son los siguientes:

Núclido	Intercambio catiónico (%)	Intercambio aniónico (%)	Lecho mixto (%)
W ¹⁸⁵	12-16	97.2-99.2	98.9
Y ⁹¹	86-93.1	94.2-98.5	97.6-98.7
Sc ⁴⁶	95.7-97.2	98.8-99.0	98.5-98.7
Sr ⁸⁹	99.1-99.8	5-7	99.95-99.97
Ba ¹⁴⁰ -La ¹⁴⁰	98.3-99.0	36-42	99.59-9.6
Cs ¹³⁷ -Ba- ^{137m}	99.8	9	99.8
Cd ¹¹⁵	98.5	0	99.2
Zr ⁹⁵ -Nb ⁹⁵	58-75	96.4-99.9	90.9-99.4

Cuadro C.3: Reducción de radiactividad mediante intercambio iónico

2. Tratamientos no convencionales

a) Coagulación con fosfato:

El autor considera una reducción del 99 % en Ce¹⁴⁴, Zn⁶⁵, Y⁹¹, Nb⁹⁵ y Zr⁹⁵, siendo muy inferiores –alrededor del 66 %– para el Sr⁸⁹ y Sb¹²⁴.

b) Adición de polvos metálicas:

El hierro se ha demostrado como el mejor elemento para eliminar las mezclas de productos de fisión, yodo y cesio con un 90 % de reducción.

c) Adición de materiales arcillosos:

La adición de arcilla mejora sensiblemente el grado de eliminación de la radiactividad. Sin embargo, es preciso manipular grandes cantidades de fangos contaminados.

Bibliografía

- [1] AWWA y WEF APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th Edition*. APHA, AWWA y WEF, 2005.
- [2] Timothy D. Appleman, Christopher P. Higgins, Oscar Quiñones, Brett J. Vanderford, Chad Kolstad, Janie C. Zeigler-Holady, and Eric R.V. Dickenson. Treatment of poly- and perfluoroalkyl substances in u.s. full-scale water treatment systems. *Water Research-Elsevier*, 2013.
- [3] Australia. Australian drinking water guidelines 6. 2011.
- [4] AWWA. *Control de calidad y tratamiento del agua*. American Water Works Asociation, 1975.
- [5] AWWA. *Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria*. McGraw-Hill Profesional, 2002.
- [6] Carolina Baeza and Detlef R.U. Knappe. Transformation kinetics of biochemically active compounds in low-pressure uv photolysis and uv/h₂O₂ advanced oxidation processes. *Water Research-Elsevier*, 2011.
- [7] Moshe Ben-Sasson, Yehoyada Zidon, Rivka Calvo, and Avner Adin. Enhanced removal of natural organic matter by hybrid process of electrocoagulation and dead-end microfiltration. *Chemical Engineering Journal - Elsevier*, 2013.
- [8] Benítez. Degradation of protocatechuic acid by two advanced oxidation processes: ozone/uv radiation and h₂O₂/uv radiation. *Pergamon - Elsevier*, 30(7): 1597–1604, 1996.
- [9] K.E. Black and P.R. Bérubé. Rate and extent nom removal during oxidation and biofiltration. *Water Research-Elsevier*, 2014.
- [10] D.R. Boyd, David Suzuki Foundation, and David Suzuki Foundation Staff. *The Water We Drink: An International Comparison of Drinking Water Quality Standards and Guidelines*. Healthy environment, healthy Canadians series. David Suzuki Foundation, 2006. ISBN 9781897375020. URL <http://www.davidsuzuki.org>.

- [11] Canadá. Guidelines for canadian drinking water quality. 2012.
- [12] CE. Directiva 98/83/ce del consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano doce 330/1, de 05-12-98.
- [13] CEE. Directiva del consejo 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 (directiva 75/440/cee). 1975.
- [14] CHE. *Página oficial Confederación Hidrográfica del Ebro*. URL [HTTP://www.datossuperficiales.chebro.es:81/WCASF/](http://www.datossuperficiales.chebro.es:81/WCASF/).
- [15] República Popular China. Normas de calidad ambiental de aguas superficiales. 1997.
- [16] Lerone Clesceri. *Métodos Normalizados para Análisis de Aguas Potables y Residuales*. 1992.
- [17] Mando de Adiestramiento y Doctrina. *Manual de Instrucción MI4-803 Centros de Control NBQ (vol. I)*. Ejército de Tierra Español, octubre 2011.
- [18] Organización Panamericana de la Salud. *Guía para el Mejoramiento de la Calidad del Agua a Nivel Casero*. Number OPS/CEPIS/05.167 UNATSABAR. 2005.
- [19] Federación de Rusia. Sanpin 2.1.4.1074-01, requisitos de higiene para la calidad del agua potable. 2001.
- [20] Federación de Rusia. Sanpin 2.1.4.1116-02, normas de higiene para la calidad del agua potable envasada en un recipiente. 2002.
- [21] Degremont. Coagulación y floculación del agua.
- [22] Przemyslaw Drzewicz, Grzegorz Naezcz-Jawecki, Micha Gryz, Jozef Sawicki, Anna Bojanowska-Czajka, Wojciech Guszewski, Krzysztof Kulisa, Stanislaw Wokowicz, and Marek Trojanowicz. Monitoring of toxicity during degradation of selected pesticides using ionizing radiation. *Water Research-Elsevier*, 2004.
- [23] James K. Edzwald and Johannes Haarhoff. Seawater pretreatment for reverse osmosis: Chemistry, contaminants, and coagulation. *Water Research-Elsevier*, 2011.
- [24] EPA. *Estableciendo estándares para agua potable segura*. URL <http://water.epa.gov/drink/agua/estableciendo.cfm>.
- [25] EPA. *Nanomaterial Case Studies: Nanoscale Titanium Dioxide in Water Treatment and in Topical Sunscreen*. November 2010.

- [26] Environmental Protection Agency EPA. Drinking water contaminants. 2015. URL water.epa.gov/drink.
- [27] V. N. Epimakhov, M. S. Oleinik, and L. N. Moskvín. Reverse-osmosis filtration based water treatment and special water purification for nuclear power systems. *Atomic Energy (New York, NY, United States)*, 96(4):234–240, 2004.
- [28] España. Orden de 11 de mayo de 1988 sobre características básicas de calidad que deben ser mantenidas en las corrientes de agua superficiales cuando sean destinadas a la producción de agua potable. *BOE*.
- [29] España. Real decreto 140/2003, de 7 febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *BOE*, BOE 45/2003, DE 21 FEB., 2003.
- [30] España. Real decreto 1744/2003, de 19 de diciembre, por el que se modifica el real decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas. *BOE*, 312: 46524, 2003.
- [31] España. Orden def/2150/2013, de 11 de noviembre, por la que se desarrolla, en el ámbito del ministerio de defensa, la aplicación del real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *BOE*, BOE jueves 21 de noviembre de 2013:26735, 2013.
- [32] España. 2013. URL <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno>.
- [33] España. Real decreto 1120/2012, de 20 de julio, por el que se modifica el real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *BOE*, BOE miércoles 29 de agosto de 2013:61012, 2013.
- [34] FINABEL. *Water Supply on Operations, Promulgation of Report Finabel NR G.24*. FINABEL, april 2007.
- [35] Araceli García-Ac, Romain Broséus, and et al. Oxidation kinetics of cyclophosphamide and methotrexate by ozone in drinking water. *Water Research-Elsevier*, 2010.
- [36] Verónica García Molina, Blanca Salgado, and et al. Estudio de viabilidad y mejora de esquemas integrados de ultrafiltración y ósmosis inversa para la producción de agua potable a partir de agua superficial. *TECNOAQUA*, (8):42–46, Julio-Agosto 2014.

- [37] Emma H. Goslan, Filiz Gurses, and et al. An investigation into reservoir nom reduction by uv photolysis and advanced oxidation processes. *Chemosphere-Elsevier*, 2006.
- [38] Michael Greifenstein, Duvel W. White, and et al. Impact of temperature and storage duration on the chemical and odor quality of military packaged water in polyethylene terephthalate bottles. *Science of the Total Environment - Elsevier*, 2013.
- [39] Qi Han, Hongjie Wang, and et al. Formation and inhibition of bromate during ferrate(vi) ozone oxidation process. *Separation Purification Technology - Elsevier*, 2013.
- [40] Qi Han, Hongjie Wang, and et al. Suppression of bromate formation in ozonation process by using ferrate(vi): Batch study. *Chemical Engineering Journal - Elsevier*, 2014.
- [41] Pablo Hernández Lehmann. *Investigación sobre procesos avanzados de tratamiento y depuración de las aguas mediante electrocoagulación*. PhD thesis, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid., 2011.
- [42] Aurelio Hernández Muñoz. *Abastecimiento y distribución de agua*. Colegio de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos., 5ª edition, 2008.
- [43] L. Huisman and J.M. de Azevedo Netto. *Sistemas de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades*. OMS, 1988.
- [44] Scott Huling and Bruce Pivetz. *In-Situ Chemical Oxidation*. EPA, 2006.
- [45] Erzsébet Illés, Emese Szabó, and et al. Ketoprofen removal by o3 and o3/uv processes: Kinetics, transformation products and ecotoxicity. *Science of the Total Environment - Elsevier*, 2014.
- [46] India. Is 10500:2004 indian standard drinking water specification (second revision). 2004.
- [47] India. Is 14543:2004 indian standard packaged drinking water (other than packaged natural mineral water) specification (second revision). 2004.
- [48] India. Is 13428:2005 indian standard packaged natural mineral water specification (second revision). 2005.
- [49] Japan. Drinking water quality sstandard, ministry of health, labour and welfare. 2004.
- [50] Yeon Jung Jung, Wan Gi Kim, and et al. Removal of amoxicillin by uv and uv/h2o2 processes. *The Science of the Total Environment-Elsevier*, 2012.

- [51] Ermin Katrin Winarnoa and Nikola Getoff. Comparative studies on the degradation of aqueous 2-chloroaniline by o_3 as well as by uv-light and g-rays in the presence of ozone. *Pergamon - Elsevier*, (65):387395, 2002.
- [52] Ioannis A. Katsoyiannis, Silvio Canonica, and et al. Efficiency and energy requirements for the transformation of organic micropollutants by ozone, $\text{o}_3/\text{h}_2\text{o}_2$ and $\text{uv}/\text{h}_2\text{o}_2$. *Water Research-Elsevier*, 2011.
- [53] Javed Ali Khan, Xuexiang He, and et al. Oxidative degradation of atrazine in aqueous solution by $\text{uv}/\text{h}_2\text{o}_2/\text{fe}^{2+}$, $\text{uv}/\text{s}_2\text{o}_8^{2-}/\text{fe}^{2+}$ and $\text{uv}/\text{hso}_5^-/\text{fe}^{2+}$ processes: A comparative study. *Chemical Engineering Journal-Elsevier*, 2013.
- [54] Gerard Kiely. *Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. McGraw-Hill, 1999.
- [55] G. Kleiser and F.H. Frimmel. Removal of precursors for disinfection by-products (dbps) differences between ozone- and oh-radical-induced oxidation. *The Science of the Total Environment-Elsevier*, 2000.
- [56] Rupa Lamsal, Margaret E. Walsh, and et al. Comparison of advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter. *Water Research-Elsevier*, 211.
- [57] Lenntech. *Página oficial empresa Lenntech*. URL [HTTP://WWW.LENNTech.COM](http://www.lenntech.com).
- [58] Chao Liu, Zhimin Qiang, and et al. Photodegradation of etridiazole by uv radiation during drinking water treatment. *Chemosphere-Elsevier*, 2009.
- [59] Milena Guedes Maniero, Daniele Maia Bila, and et al. Degradation and estrogenic activity removal of 17 beta-estradiol and 17 alfa-ethilestradiol by ozonation and $\text{o}_3/\text{h}_2\text{o}_2$. *The Science of the Total Environment-Elsevier*, 2008.
- [60] Josep Ma. Martí Deulofeu. *Tratamiento de aguas*. STENCO, Barcelona, 2000.
- [61] Anu Matilainen and Mika Sillanpää. Removal of natural organic matter from drinking water by advanced oxidation processes. *Chemosphere-Elsevier*, 2010.
- [62] v Medellin-Castillo, Raúl Ocampo-Pérez, and et al. Removal of diethyl phthalate from water solution by adsorption, photo-oxidation, ozonation and advanced oxidation process ($\text{uv}/\text{h}_2\text{o}_2$, $\text{o}_3/\text{h}_2\text{o}_2$ and $\text{o}_3/\text{activated carbon}$). *The Science of the Total Environment-Elsevier*, 2013.
- [63] METCALF&EDDY/AECOM. *Water Reuse, Issues, Technologies, and Applications*. McGraw-Hill, 2006.
- [64] NATO. *STANAG 2136 MEDSTD (EDITION 5) - Minimum Standards of Water Potability During Field Operations - AMEDP-18*. NATO, 2007.

- [65] R. Ocampo-Pérez, M. Sánchez-Polo, and et al. Degradation of antineoplastic cytarabine in aqueous phase by advanced oxidation processes based on ultra-violet radiation. *Chemical Engineering Journal - Elsevier*, 2010.
- [66] World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 2011.
- [67] María Pilar Ormad Melero, Francisco Javier García Castillo, and et al. Eliminación de plaguicidas en aguas de abastecimiento mediante cloración, ozonización y adsorción con gac. *Tecnología del Agua*, (314):24–29, Noviembre 2009.
- [68] Juan Manuel Ortega and joan. Sanz. Aplicación de pac en la producción de agua potable con episodios de olores y sabores en procesos de decantación lastrada. *TECNOAQUA*, (8):36–41, Julios-Agosto 2014.
- [69] Gabriel Ovejero Escudero, A. Espínola Pizarro, and et al. Estudio de la ozonización y de la adsorción en carbón activado para la eliminación de mecoprop en disolución acuosa. *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Real Academia de la Ciencia*, 89:271–282, Noviembre 1995.
- [70] Aleksey N. Pisarenko, Benjamin D. Stanford, and et al. Effects of ozone and ozone/peroxide on trace organic contaminants and ndma in drinking water and water reuse applications. *Water Research-Elsevier*, 2012.
- [71] Zhimin Qiang, Chao Liu, Bingzhi Dong, and et al. Degradation mechanism of alachlor during direct ozonation and o₃/h₂o₂ advanced oxidation process. *Chemosphere-Elsevier*, 2010.
- [72] RAE. *Diccionario de la Real Academia Española*. 2013.
- [73] Y.F. Rao and W. Chu. A new approach to quantify the degradation kinetics of linuron with uv, ozonation and uv/o₃ processes. *Chemosphere-Elsevier*, 2009.
- [74] José Rivera-Utrilla, Manuel Sánchez-Polo, and et al. Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. a review. *Water Research-Elsevier*, 2013.
- [75] Rodier. *Análisis de las aguas*. Bordeas, 1990.
- [76] Clair Sawyer. *Química para Ingeniería Ambiental*. 2001.
- [77] Donghoon Shin, Min Jang, and et al. Enhanced removal of dichloroacetonitrile from drinking water by the combination of solar-photocatalysis and ozonation. *Chemosphere-Elsevier*, 2013.
- [78] Robert Siegrist, Michelle Crimi, Thomas Simpkin, and et al. *In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation*. SERDP y ESTCP, 2011.

- [79] James E Smith Jr, Robert C Renner, Bob A Hegg, and Jon H Bender. *Upgrading existing or designing new drinking water treatment facilities*. Noyes Data Corporation, 1991.
- [80] M. Sánchez-Polo, J. Rivera-Utrilla, and et al. Photooxidation of naphthalene-sulfonic acids: Comparison between processes based on o_3 , o_3 /activated carbon and uv/h_2o_2 . *Chemosphere-Elsevier*, 2007.
- [81] Ramn Toor and Madjid Mohseni. $Uv-h_2o_2$ based aop and its integration with biological activated carbon treatment for dbp reduction in drinking water. *Chemosphere-Elsevier*, 2007.
- [82] Oleg Udovyk. *Advanced Water Supply and Wastewater Treatment: A Road to Safer Society and Environment*, chapter Solar water purification at household level, pages 99–106. Hlavinec,Petr and Winkler,Igor and et al, 2010.
- [83] USA. 21 cfr § 165.110. agua embotellada. .
- [84] USA. *U.S. Food and Drug Administration*. . URL <http://www.fda.gov>.
- [85] USA. Tb med 577, sanitary control and surveillancy of field water supplies. Technical bulletin, december 2005.
- [86] USA. *Reglamento Nacional Primario de Agua Potable*. EPA, 2009.
- [87] USA. Tb med 577 navmed p 5010-10 afman 48-138 ip sanitary control and surveillancy of field water supplies. TECHNICAL BULLETIN 577, Headquarters, Departments of the Army, Navy and Air Force of the USA, May 2010.
- [88] USA. *Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable*. EPA, 2011.
- [89] Steven Van Geluwe, Leen Braeken, and et al. Ozone oxidation for the alleviation of membrane fouling by natural organic matter: A review. *Water Research-Elsevier*, 2011.
- [90] Inmaculada Velo-Gala, Jesús López-Peñalver, and et al. Comparative study of oxidative degradation of sodium diatrizoate in aqueous solution by h_2o_2/fe^{2+} , h_2o_2/fe^{3+} , $fe(vi)$ and uv , h_2o_2/uv , $k_2s_2o_8/uv$. *Chemical Engineering Journal - Elsevier*, 2013.
- [91] Wiley. *Water treatment. Principles and design*. Wiley, 2005.
- [92] B.A. Wols, C.H.M. Hofman-Caris, and et al. Degradation of 40 selected pharmaceuticals by uv/h_2o_2 . *Water Research-Elsevier*, 2013.
- [93] Jiguo Wu, Chongyu Lan, and et al. Organophosphorus pesticide ozonation and formation of oxon intermediates. *Chemosphere-Elsevier*, 2009.

- [94] Zheng Xiang, Chen Di, and et al. Nano-tio₂ membrane adsorption reactor (mar) for virus removal in drinking water. *Chemical Engineering Journal - Elsevier*, 2013.
- [95] Yongjun Xiao, Rongli Fan, and et al. Photodegradation of iodinated trihalomethanes in aqueous solution by uv 254 irradiation. *Water Research-Elsevier*, 2014.
- [96] He Xuexiang, Miguel Pelaez, and et al. Efficient removal of microcystin-lr by uv-c/h₂o₂ in synthetic and natural water samples. *Water Research-Elsevier*, 2012.
- [97] Guangyu Zhao, Xiwu Lu, and et al. Simultaneous humic acid removal and bromate control by o₃ and uv/o₃ processes. *Chemical Engineering Journal - Elsevier*, 2013.
- [98] Yolanda álvaro Pilar, Antonio Baeza Espasa, Fernando Legarda Ibáñez, and Alejandro Salas García. Potabilización radiológica del agua de consumo humano. Technical report, 2007.