

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR

*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisângela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Ariston da Silva Melo Júnior
<b>Imagem da Capa</b>	Ziglinda/123RF
<b>Bibliotecária</b>	Janaina Ramos – CRB-8/9166

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil



Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México  
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Lívia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraíva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solo e recursos hídricos: conservação, recuperação e manejo / Organizador Ariston da Silva Melo Júnior. – Curitiba-PR: Artemis, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87396-67-5

DOI 10.37572/EdArt\_290822675

1. Solos. 2. Recursos hídricos. 3. Sustentabilidade. I. Melo Júnior, Ariston da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 631.45

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166



## APRESENTAÇÃO

O título **Solo e Recursos Hídricos – Conservação, Recuperação e Manejo** traz para o mundo atual uma das maiores preocupações com a preservação do nosso planeta e dos biomas que compõem toda a estrutura da Terra. O estudo constante de novas tecnologias, metodologias e gerenciamento deve promover um crescimento sustentável e garantir o futuro das próximas gerações.

A importância desse tema nesse século XXI é tamanha que a própria Organização das Nações Unidas (ONU) apresenta em sua agenda de 2030 o tema sustentabilidade e manutenção do meio ambiente como meta de desafio a ser alcançado de forma a que os recursos hídricos e a conservação do solo sejam foco primordial de interesse e responsabilidade política e social das nações. Tal proposta da ONU já vem sendo empregada por governos em projetos como, por exemplo, cobrança d'água do setor agrícola para minimizar a poluição de rios e lagos e impedir a contaminação de solos. Sendo esse controle realizado pelos denominados Comitês de Bacias Hidrográficas, o que mostra a relevância e atualidade do presente livro.

Este livro não se propõe a trazer soluções finais e vindouras, o que seria pretencioso; mas apresentar a preocupação e zelo que os autores tiveram em compartilhar seus conhecimentos. Assim, o livro apresenta o que de melhor está sendo realizado no mundo acadêmico e científico, de modo a trazer propostas, ensaios científicos e reflexões que permeiem as mentes de todos e todas de modo a podermos trazer uma nova proposta de melhoria a manutenção da qualidade e fertilidade de nossos solos e de técnicas para o uso racional das reservas hídricas do mundo, com os novos conceitos que vem sendo estudados pelas universidades e centros de pesquisas em relação ao bioma terrestre e aquático. Exemplos como a chamada pegada hídrica e claro apresentar uma nova proposta pedagógica em que as novas gerações tenham em mente a responsabilidade em um contínuo respeito a nosso lar – planeta Terra.

Nesse sentimento que a organização dessa obra propõe uma leitura crítica e atenta às pesquisas que os autores e autoras trazem nessa obra de modo a permitirem a generosidade em compartilhar seus conhecimentos e pensamentos para a formação contínua do leitor e leitora.

Uma boa leitura a você leitor/leitora e que as próximas páginas possam levar a uma reflexão da importância sustentável que esse livro tem como meta e sonho: um mundo novo, melhor e mais harmônico para toda humanidade!

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA. CONTRIBUTOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Carla Maria Rolo Antunes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226751](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226751)

### **CAPÍTULO 2..... 14**

USO EFICIENTE DA ÁGUA EM LISBOA - CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

Manuela Moreira da Silva

Leandro Muller

Susana Neto

Carla Pimentel Rodrigues

Armando Silva Afonso

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226752](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226752)

### **CAPÍTULO 3..... 21**

DESEMPENHO EM FILTRO LENTO QUANTO A MELHORIA NO PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ESGOTO DOMÉSTICO

Ariston da Silva Melo Júnior

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226753](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226753)

### **CAPÍTULO 4..... 36**

ATIVOS ECOLÓGICOS E BALANÇO DE CARBONO DE UM ESPAÇO VERDE URBANO – CONTRIBUTOS PARA UMA *WATER SENSITIVE CITY*

Manuela Moreira da Silva

Sandra Caetano

Daniel Pimenta

Lídia Terra

Horácio Carvalho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226754](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226754)

<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>50</b>
MONITORAMENTO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) EM LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO	
Ariston da Silva Melo Júnior Kleber Aristides Ribeiro Abrão Chiaranda Merij	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755</a>	
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>65</b>
FLOW VELOCITY STRUCTURE AND TURBULENCE CHARACTERISTICS IN A PARTIALLY VEGETATED CHANNEL WITH RIGID EMERGENT VEGETATION	
Cristina Maria Sena Fael César Augusto Vaz Santos Cátia Sofia Batista Taborda	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756</a>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>78</b>
HACIA EL BUEN ESTADO QUÍMICO DE NUESTRAS AGUAS CONTINENTALES: ¿SÓLO LAS EDAR SON RESPONSABLES DEL MISMO?	
Rafael Marín Galvín	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757</a>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>91</b>
EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDO	
Ariston da Silva Melo Júnior Kleber Aristides Ribeiro Leonardo Gerardini	
 <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>109</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>110</b>



# CAPÍTULO 7

## HACIA EL BUEN ESTADO QUÍMICO DE NUESTRAS AGUAS CONTINENTALES: ¿SÓLO LAS EDAR SON RESPONSABLES DEL MISMO?

Data de submissão: 18/05/2022

Data de aceite: 10/06/2022

**Rafael Marín Galvín**

Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A  
C/De los Plateros, 1  
14006- Córdoba- España  
rmargal@emacsa.es

ResearchGate: [https://www.researchgate.net/profile/Rafael\\_Marin\\_Galvin](https://www.researchgate.net/profile/Rafael_Marin_Galvin)  
<https://orcid.org/0000-0002-1601-4728>

**RESUMEN:** La Marco del Agua (DMA) de la Unión Europea incorporó un enfoque integral y ecosistémico de los medios acuáticos y del control de calidad asociado posteriormente recogido en el RD 817/2015. Así, los aspectos biológicos e hidromorfológicos tomaron especial relevancia encaminados a la consecución y el mantenimiento del buen estado-potencial ecológico y químico de las masas de agua. En apartado químico, se desarrollaron las denominadas Normas de Calidad Ambiental que comprendían diferentes tipos de contaminantes: sustancias prioritarias, prioritarias peligrosas, sustancias preferentes y otros contaminantes. La aportación de estos compuestos desde los distintos contribuyentes que evacuan aguas residuales a nuestros saneamientos ha dejado de tener su foco en el ámbito industrial,

extendiéndose al resto de actores implicados: aguas residuales domiciliarias, contaminación difusa y vertidos residuales accidentales variados. Todo ello accede a las estaciones depuradoras de aguas residuales con pautas y concentraciones dispares, y con un control sólo eficaz en el caso de los vertidos industriales. Sin tener estas circunstancias en cuenta, los organismos de cuenca aplican mayoritariamente a las autorizaciones de vertido a cauce preceptivas para cualquier EDAR española, los niveles establecidos en las NCA. Ante esto el escenario es ciertamente inquietante: ¿Por qué se aplican las NCA directamente a las aguas depuradas? ¿Son nuestras EDAR capaces de depurar toda la contaminación recibida? ¿Hay mecanismos eficaces de traslado de las NCA a nuestros saneamientos para preservar el entorno acuático? ¿Se puede conseguir la sostenibilidad sin involucrar a la ciudadanía?

**PALABRAS CLAVE:** Estado químico. Estado y potencial ecológico. Normas de calidad ambiental. EDAR. Vertido.

**TOWARDS THE GOOD CHEMICAL STATUS OF OUR CONTINENTAL WATERS: ARE ONLY THE WWTPS RESPONSIBLE FOR IT?**

**ABSTRACT:** The Water Framework Directive (WFD) of the European Union incorporated a comprehensive and ecosystem approach to aquatic environments and the associated quality control subsequently collected in RD 817/2015. Thus, the biological and

hydromorphological aspects took on special relevance aimed at achieving and maintaining the good ecological and chemical status-potential of the water masses. In the chemical section, the so-called Environmental Quality Standards were developed that included different types of pollutants: priority substances, dangerous priority substances, preferred substances and other pollutants. The contribution of these compounds from the different taxpayers who evacuate wastewater to our sanitation has ceased to focus on the industrial field, extending to the rest of the actors involved: domestic wastewater, diffuse pollution and various accidental residual discharges. All of this accesses the wastewater treatment plants with disparate patterns and concentrations, and with control that is only effective in the case of industrial discharges. Without taking these circumstances into account, the basin organizations mostly apply the levels established in the NCA to the mandatory discharge authorizations for any Spanish WWTP. Given this, the scenario is certainly disturbing: Why are the NCAs applied directly to treated water? Are our WWTPs capable of purifying all the contamination received? Are there effective mechanisms for transferring NCA to our sanitation to preserve the aquatic environment? Can sustainability be achieved without involving citizens?

**KEYWORDS:** Chemical status. Ecological status and potential. Environmental quality standards. WWTP. Discharge.

## 1 ESTADO ECOLÓGICO Y QUÍMICO DE CAUCES PÚBLICOS: DMA Y RD 817/2015

La Directiva Marco del Agua de la UE prioriza los aspectos biológicos e hidromorfológicos de las masas de agua siendo una de sus principales finalidades la consecución y el mantenimiento del buen estado-potencial ecológico y químico de las aguas superficiales y de las masas de agua declaradas fuertemente modificadas. Para ello se arbitraron programas de control de la calidad de agua que deberían aportar información suficiente para:

- Evaluar la desviación en las condiciones observadas respecto a las de referencia.
- Conocer las variaciones naturales y artificiales del medio físico.
- Tener en cuenta la variabilidad natural o provocada por el hombre en las masas de agua.
- Considerar la interacción entre aguas superficiales y subterráneas.
- Detectar el conjunto global de impactos potenciales para permitir la clasificación del estado ecológico y los mecanismos eficaces para la mejora del mismo.

En todo caso, el desarrollo de programas de control a fin de comprobar el cumplimiento de los objetivos establecidos en la DMA requeriría conocer previamente el estado químico y ecológico de las masas de agua bajo condiciones de referencia con niveles de presión nulos o muy bajos por urbanización, industrialización, agricultura

y otros factores externos. También habría de investigarse el tipo y la magnitud de las presiones antropogénicas significativas a las que está expuesta una masa de agua, incluyendo la contaminación por fuentes difusas y puntuales, extracción y regulación de caudales, alteraciones hidromorfológicas, usos del suelo y otras significativas de la actividad humana.

Las masas de agua superficial se definían como partes diferenciadas y significativas de aquella y comprendían lagos, embalses, corrientes, ríos o canales, o partes de los mismos. Asimismo, se estableció la demarcación hidrográfica como unidad de gestión, integrando la zona terrestre y marina compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas de transición, subterráneas y costeras asociadas. También se exigía a los EEMM un análisis de las características de cada demarcación, así como un estudio de las repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas superficiales y subterráneas. Todos estos apartados han sido desarrollados en nuestro país en el RD 817/2015 sobre normas de calidad ambiental que establece como más relevantes los puntos siguientes.

## 1.1 PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO

Establecen pautas para valorar el estado de las masas de agua con objeto de obtener una visión general coherente y completa del estado de las de cada demarcación hidrográfica. Los niveles de control establecidos son (Título III):

✓ Control de vigilancia (art. 5)

Debe dar un conocimiento general y completo de las masas de agua, facilitando la elaboración de nuevos programas de control y evaluando los cambios a largo plazo de las condiciones de las aguas superficiales. Se medirán parámetros de calidad biológicos, hidromorfológicos, fisicoquímicos y sustancias individuales.

✓ Control operativo (art.6)

Determinará el estado de las masas de agua que no cumplen con los objetivos medioambientales y evaluará los cambios producidos como resultado de las medidas tomadas. Se medirán parámetros de los indicadores de calidad biológicos más sensibles a las presiones recibidas, las sustancias prioritarias y demás contaminantes vertidos en cantidades importantes, así como los parámetros del indicador de calidad hidromorfológico más sensible a la presión detectada.

✓ Control de investigación (art.7)

Útil para determinar las causas de incumplimiento de los objetivos

medioambientales, sirviendo también para conformar un programa de medidas específicas.

✓ *Control de zonas protegidas (art.8)*

Se trata de programas de control específicos para las zonas catalogadas como protegidas. En particular, y como ejemplo, masas de agua superficiales de las que se extraigan más de 100 m<sup>3</sup> diarios para abastecimiento a poblaciones. En todos los controles anteriores, se contarán con puntos de muestreo representativos de la totalidad de las masas de aguas consideradas.

Para cada tipo de control y cada tipo de elemento de calidad se explicitan en el documento las frecuencias mínimas de muestreo que se aplicarán (Anexo I).

## 1.2 ESTADO-POTENCIAL ECOLÓGICO. INDICADORES DE CALIDAD

Se definen diferentes categorías de aguas (art. 10 a 13): *ríos, lagos, embalses, aguas de transición y aguas costeras*. Para cada categoría se tienen en cuenta *elementos de calidad* biológicos, químicos y fisicoquímicos, e hidromorfológicos, finalizando con la consideración de contaminantes específicos (*normas de calidad ambiental*) recogidos en los Anexos correspondientes. Así pues, la clasificación del estado-potencial ecológico de una masa de agua vendrá dada mediante la comparación de los elementos de calidad encontrados en ella, con los parámetros e indicadores relativos a los anteriores y previamente definidos para la masa de agua, los cuáles se toman como referencia (Anexo II). El estado-potencial ecológico se clasificará como muy bueno, bueno, moderado, deficiente o malo. La tabla 1 presenta los elementos de calidad a controlar en cualquier masa de agua.

A su vez, a cada elemento de calidad se le asocian los denominados *indicadores de calidad*, determinados a través de mediciones específicas que servirán para caracterizar el elemento de calidad y la masa de agua correspondiente en relación a las condiciones de referencia ya establecidas. Para clarificar este apartado, se aportan a continuación los elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos así como sus indicadores asociados, para aquellas masas de agua que potencialmente podrían recibir un mayor impacto derivado del ingreso en las mismas de aguas depuradas procedentes de las EDAR municipales, como por ejemplo, los ríos (Tabla 2).

Tabla 1: Elementos de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos (RD 817/2015).

<b>ELEMENTOS DE CALIDAD</b>	
<b>BIOLÓGICOS</b>	Fitoplancton
	Otra flora acuática: diatomeas
	Otra flora acuática: macrófitos
	Macroinvertebrados
	Peces
<b>HIDROMORFOLÓGICOS</b>	Continuidad del curso de agua
	Régimen hidrológico
	Morfología
	Régimen de mareas (cuando aplique)
<b>QUÍMICOS Y FISICOQUÍMICOS GENERALES</b>	Condiciones térmicas
	Oxigenación
	Salinidad
	Estado de nutrientes
	Estado de acidificación
<b>SUSTANCIAS INDIVIDUALES</b>	Sustancias prioritarias (normas calidad ambiental Anexo IV)
	Contaminantes específicos (sustancias preferentes, Anexo V) y otros particulares en ciertos casos

Tabla 2: Elementos e indicadores de calidad biológicos, hidromorfológicos y fisicoquímicos en ríos.

<b>ELEMENTO DE CALIDAD</b>	<b>INDICADOR</b>
Fauna bentónica de invertebrados	Iberian Biomonitoring Working Party (IBMWP)
	Índice multimétrico ibérico-mediterráneo
	Índice multimétrico específico del tipo de invertebrados bentónicos
	Índice multimétrico de invertebrados Vasco
	Índice multimétrico de invertebrados de las Islas Baleares
Otra flora acuática-macrófitos	Índice biológico de macrófitos en ríos de España
<b>ELEMENTO DE CALIDAD</b>	<b>INDICADOR</b>
Otra flora acuática-diatomeas	Índice poluosensibilidad específica
Organismos fito-bentónicos	Índice multimétrico de diatomeas de las Islas Baleares
Estado de acidificación	pH
Condiciones de oxigenación	Oxígeno disuelto (mg/L)
	Tasa de saturación de oxígeno (%)
Nutrientes	Amonio (mg/L, NH <sub>4</sub> )
	Fosfatos (mg/L, PO <sub>4</sub> )
	Nitratos (mg/L, NO <sub>3</sub> )
Condiciones morfológicas	Índice de calidad del bosque de ribera

### 1.3 ESTADO QUÍMICO. NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL

El estado químico se evalúa en base a las Normas de Calidad Ambiental (NCA) establecidas en el Título IV del RD 817/2015, que también se aplican para el caso general del estado-potencial ecológico, en el apartado de *sustancias individuales*. Las NCA se dividen en dos partes, la primera correspondiente a sustancias prioritarias y otros contaminantes (transposición de la legislación europea, Tabla 3-superior) y la segunda correspondiente a sustancias preferentes (específico de España, Tabla 3-inferior). A destacar que la DMA publicará periódicamente “listas de observación” de sustancias candidatas a convertirse en prioritarias; la última es de fecha 5-6-2.018 e incluye: alfa-etinilestradiol y beta-estradiol (hormonas), antibióticos macrólidos (eritromicina, claritromicina y azitromicina), amoxicilina y ciprofloxacina (fármacos) y metiocarb, mataflumizona y neonicotinoides (imidacloprid, tiacloprid, tiametoxam, clotianidina y acetamiprid) (insecticidas).

Tabla 3: (superior) Sustancias prioritarias y otros contaminantes en el RD 817/2015, normas de calidad ambiental en aguas; (inferior) Sustancias preferentes. Unidades en µg/L. MA: concentración media anual; CMA: concentración máxima anual.

Tipología: sustancia prioritaria, peligrosa prioritaria, otros contaminantes (µg/L, concentración en aguas; µg/Kg peso húmedo en biota)		MA A.Superf.Cont / Otras	CMA A.Superf.Cont / Otras	Tipología: sustancia prioritaria, peligrosa prioritaria, otros contaminantes (µg/L, concentración en aguas; µg/Kg peso húmedo en biota)		MA A.Superf.Cont / Otras	CMA A.Superf.Cont / Otras
Alcaboro	Prioritaria	0,3 / 0,3	0,7 / 0,7	Hexafluorociclopentano	Prioritaria	20 - 4 / 20 - 8,6	No aplicable - 34
Antraceno	Peligrosa prioritaria	0,1 / 0,1	0,4 - 0,1	Nonilfenol y 4-Nonilfenol	Peligrosa prioritaria	0,3 (µm.) / 0,3 (µm.)	2,0 (µm.) / 2,0 (µm.)
Atrazina	Prioritaria	0,6 / 0,6	2,0 / 2,0	Octilfenoles (4-[1,1,3,3-tetrametilbutil]-Fenol))	Prioritaria	0,1 - 0,01	No aplic. / No aplic.
Benceno	Prioritaria	10 / 8,0	50 / 50	Pentaclorobenceno	Peligrosa prioritaria	7x10 <sup>-3</sup> / 7x10 <sup>-4</sup>	No aplic. / No aplic.
Difeniléteres bromados	Peligrosa prioritaria	5x10 <sup>-3</sup> / 2x10 <sup>-4</sup>	No aplic. - 0,14 Biota 8,5x10 <sup>-3</sup>	Pentaclorofenol	Prioritaria	0,4 / 0,4	1 / 1
Cadmio y sus compuestos	Peligrosa prioritaria	0,08 - 0,25 / 0,2	0,45 - 1,5	Benzo(a)pireno	Peligrosa prioritaria	0,05 - 1,7x10 <sup>-4</sup>	0,1 - 0,27 / 0,1 - 0,27 Biota 5
Tetracloruro de carbono	Otro contaminante	12 / 12	No aplic. / No aplic.	Benzo(b)fluoranteno+Benzo(k)fluoranteno	Peligrosa prioritaria	Σ=0,03 / Σ=0,03	No aplicable - 0,017
Cloroalcanos (C <sub>11-13</sub> )	Peligrosa prioritaria	0,4 / 0,4	1,4 / 1,4	Benzo(g,h,i)perileno+Indeno(1,2,3-cd)pireno	Peligrosa prioritaria	Σ=0,002 / Σ=0,002	No aplicable - 8,2x10 <sup>-4</sup>
Clorofenilos	Prioritaria	0,1 / 0,1	0,3 / 0,3	Simazina	Prioritaria	1 / 1	4 / 4
Clorpirifos	Prioritaria	0,03 / 0,03	0,1 / 0,1	Tetracloroetileno, Tricloroetileno	Otro contaminante	10 (µm.) / 10 (µm.)	No aplic. / No aplic.
Ácido, Dieldrin, Endrin, Isodrin (Suma)	Otros contaminantes	Σ=0,01 / Σ=0,005	No aplic. / No aplic.	Compuesto tributilestaño	Peligrosa prioritaria	2x10 <sup>-3</sup> / 2x10 <sup>-4</sup>	1,5x10 <sup>-3</sup> / 1,5x10 <sup>-3</sup>
DDT total	Otro contaminante	0,025 / 0,025	No aplic. / No aplic.	Triclorobencenos	Prioritaria	0,4 / 0,4	No aplic. / No aplic.
p,p'-DDT	Otro contaminante	0,01 / 0,01	No aplic. / No aplic.	Triclorometano	Prioritaria	2,5 / 2,5	No aplic. / No aplic.
1,2-Dicloroetano	Prioritaria	10 / 10	No aplic. / No aplic.	Trifluralina	Peligrosa prioritaria	0,03 / 0,3	No aplic. / No aplic.
Diclorometano	Prioritaria	20 / 20	No aplic. / No aplic.	Dicofol	Peligrosa prioritaria	1,3x10 <sup>-3</sup> / 3,2x10 <sup>-4</sup>	No aplic. / No aplic. Biota 33
Flialato de di(2-dietilhexil) (DEHP)	Peligrosa prioritaria	1,3 / 1,3	No aplic. / No aplic.	Ac. perfluorooctanosulfónico y derivados	Peligrosa prioritaria	6,5x10 <sup>-3</sup> / 1,3x10 <sup>-4</sup>	36 / 7,2 Biota 9,5
Dilurón	Prioritaria	0,2 / 0,2	1,8 / 1,8	Quinoxifeno	Peligrosa prioritaria	0,15 / 0,015	2,7 / 0,54
Endosulfán	Peligrosa prioritaria	5x10 <sup>-3</sup> / 5x10 <sup>-4</sup>	0,01 / 4x10 <sup>-3</sup>	Dioxinas y compuestos similares	Peligrosa prioritaria	-	No aplic. / No aplic.
Fluoranteno	Prioritaria	0,1 - 6,3x10 <sup>-3</sup>	1 - 10,2 Biota 30	Acilfenilo	Prioritaria	0,12 / 0,12	0,12 / 0,12
Hexaclorobenceno	Peligrosa prioritaria	-	0,05 / 0,05 Biota 10	Bifenox	Prioritaria	0,012 / 1,2x10 <sup>-3</sup>	0,04 / 4x10 <sup>-3</sup>
Hexaclorobutadieno	Peligrosa prioritaria	-	0,6 / 0,6 Biota 55	Cibutrina	Prioritaria	2,5x10 <sup>-3</sup> / 2,5x10 <sup>-3</sup>	0,016 / 0,016
Hexaclorociclohexano	Peligrosa prioritaria	0,02 / 2x10 <sup>-3</sup>	0,04 / 0,02	Cipermetrina	Prioritaria	8x10 <sup>-3</sup> / 8x10 <sup>-3</sup>	6x10 <sup>-3</sup> / 6x10 <sup>-3</sup>
Isoproturon	Prioritaria	0,3 / 0,3	1,0 / 1,0	Diclorvos	Prioritaria	6x10 <sup>-3</sup> / 6x10 <sup>-3</sup>	7x10 <sup>-3</sup> / 7x10 <sup>-3</sup>
Plomo y sus compuestos	Prioritaria	7,2 - 1,2 / 7,2 - 1,3	No aplic. - 14	Hexabromociclohexano	Peligrosa prioritaria	1,6x10 <sup>-3</sup> / 8x10 <sup>-4</sup>	0,5 / 0,05
Mercurio y sus compuestos	Peligrosa prioritaria	-	0,07 / 0,7 Biota 20	Heptaclorol epóxido de heptacloro	Peligrosa prioritaria	2x10 <sup>-3</sup> / 1x10 <sup>-4</sup>	3x10 <sup>-3</sup> / 3x10 <sup>-3</sup> Biota 6,7x10 <sup>-2</sup>
Naftaleno	Prioritaria	2,4 - 2,0 / 1,2 - 2,0	No aplic. - 130	Terbutrina	Prioritaria	0,065 / 6,5x10 <sup>-3</sup>	0,34 / 0,034

Tipología: sustancia preferente	MA	CMA
Etilbenceno	30	30
Tolueno	50	50
Tricloroetano	100	100
Xileno (suma 3 isómeros)	30	30
Terbutilazina	1	1
Arsénico	50	25
Cobre	5 - 120 (según TH agua)	25
Cromo IV	5	5
Cromo total	50	No aplicable
Selenio	1	10
Zinc	30 - 500 (según TH agua)	60
Cianuros totales	40	No aplicable
Fluoruros	1.700	No aplicable
Clorobenceno	20	No aplicable
Diclorobenceno (suma 3 isómeros)	20	No aplicable
Metolactoro	1	No aplicable

El procedimiento para comprobar la adecuación o no a las NCA es similar al comentado para el estado ecológico, mediante comparación con el estado de referencia de cada masa de agua (RD 817/2015 y Planes de Cuenca) de las concentraciones medias anuales y máximas anuales de cada sustancia. Resulta muy claro que la aplicación de todo el RD 817/2015 y de las Normas de Calidad Ambiental se dirige al (sic) “..estado de las aguas superficiales..”. No obstante esta situación no es la que se da en la práctica provocando graves problemas para los gestores de las EDAR.

## 2 EL ROL DE LAS EDAR EN EL SANEAMIENTO URBANO

Una EDAR es un *filtro* que elimina o limita la contaminación presente en las aguas residuales urbanas (Metcalf y Eddy, 2003; Marín Galvín, 2012): de lo contrario, el agua depurada incumpliría las normativas sectoriales aplicables y podría provocar graves problemas ambientales. Además, la depuración de aguas residuales antes de su entrega al medio es obligatoria en la UE. Como introducción a este tema, según datos de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamientos (AEAS) en España existen 1.083 EDAR que depuraron 3.769 hm<sup>3</sup> (2.016) de las cuáles el 63% dispone de tratamiento secundario y el 33% de tratamiento terciario para eliminación de N y P. No existen EDAR especialmente preparadas a priori para eliminación de sustancias prioritarias ni preferentes.

Por otro lado, la emisión de contaminación a los saneamientos procede de: aguas domésticas, vertidos industriales, fuentes difusas de aguas residuales y vertidos ocasionales (Marín Galvín, 2015 y 2018). De los cuatro focos emisores reseñados, sólo los vertidos industriales (AEAS, 2002) pueden ser sometidos a un eficaz sistema de seguimiento y control que incluso permite al gestor del saneamiento adelantarse en cierta medida a prácticas lesivas para el propio sistema (vía Ordenanzas y Reglamentos de vertidos) (Ripollés Pascual et al., 2008; Mantecón Pascual, 2012).

Asimismo, las aguas residuales albergan desde hace años una considerable y vasta variedad de compuestos químicos (calificados como *compuestos emergentes*), muchos refractarios a la depuración convencional biológica, cuyas fuentes, además de las actividades industriales históricamente ligadas a este aspecto, son la actividad doméstica del ciudadano, así como la denominada contaminación difusa (Tabla 4) (Marín Galvín et al., 2010; Marín Galvín, 2017).

Tabla 4: Compuestos químicos encontrados en saneamientos españoles en los últimos 15 años.

FÍSICO-QUÍMICOS	METALES y compuestos	PESTICIDAS Y FITOSANITARIOS				
		ORGANOCORADOS		FOSFORADOS	TRIAZINAS	OTROS
N-total P-total Fenoles COT Cianuros Fluoruros DQO AOX	Arsénico Cadmio Cromo Cobre Mercurio Níquel Plomo Zinc	Alaclor Heptacloro Aldrin Hexacloro-benceno DDT (isómeros) DDE Dieldrin Lindano Hexacloro-ciclohexano	Endosulfán Pentacloro-benceno Endrin Trifluralina Isodrina Clordano Toxafeno Mirex Clordecona	Clorfeninfos Cloropirifos	Atrazina Simazina	Diurón Isoproturón Pentaclorofenol Hexabromo-bifenilo
COV'S		ALQUIL-FENOLES	ORGANO-METÁLICOS	HAP	OTROS COMPUESTOS	
1,2-Dicloroetano Naftaleno Diclorometano Tolueno Óxido de etileno Benceno Tetracloro-etileno	Triclorometano Etilbenceno Hexacloro-butadieno Tetracloro-metano Tricloro-bencenos Xilenos Tricloroetileno	Nonilfenoles Etoxilatos de nonilfenol Octilfenoles Etoxilatos de octilfenol	Estánnicos Monofenil-Sn Difenil-Sn Tributil-Sn Monofenil-Sn Difenil-Sn Trifenil-Sn	Antraceno Fluoranteno Benzo-perileno Benzo-pireno Benzo-fluorantenos Indeno-pireno	Cloroalcanos C-10, C-13 Dioxinas y Furanos PCB Cloruro de vinilo Bromodifeniléteres Penta-BDE Octa-BDE Deca-BDE Ftalato de bis (2-etilhexilo) Amianto	

Para limitar la llegada a los saneamientos de emergentes, no se cuenta en el caso de vertidos domiciliarios con normativas aplicables sin invadir la privacidad del individuo, ni es probable en buena lógica que se cuente en un futuro con ellas. En todo caso, para la contaminación domiciliaria y difusa pueden considerarse varias actuaciones globales para atajar el problema, que ya se están poniendo en marcha en muchos casos:

- Fomentar la *concienciación ambiental* de ciudadanos y empresas, es decir, optar por productos comerciales cada vez más sostenibles, transmitiendo esta información de forma general. Sin embargo, haría falta una *calificación ambiental de productos comerciales* (similar a la de eficiencia energética ya aplicada en aparatos electrodomésticos) que ofrezca pautas fiables y contrastadas tanto al consumidor como al industrial.
- Insistir en el *uso correcto de los productos contaminantes*, no abusando de ellos (abonado, fumigación, etc.).
- *Reducción de contaminación en origen*, es decir, una progresiva sustitución en las formulaciones de los productos comerciales de las sustancias comprobadamente contaminantes, muy nocivas o refractarias a la depuración biológica, por otras que lo sean menos (vía Reglamento REACH u otros cauces similares).
- Dentro del apartado de reducir la contaminación en origen, entraría también la potenciación de prácticas de *predepuración de efluentes industriales antes de su vertido al saneamiento general*, ya en el marco específico de las aguas residuales industriales.



No obstante, la situación habitual de los saneamientos y de las EDAR es la de encontrarse con una matriz compleja, muy variable en el tiempo, de mínimo control y sobre la que hay que actuar para conseguir unos estándares de depuración establecidos. Una vez recibidos los efluentes en la red de saneamiento, llegarán a la EDAR y afectarán a su dinámica. Finalmente, otra cuestión crítica de nuestros saneamientos es el diseño y dimensionado de cada EDAR al partir de un escenario comprobadamente obsoleto y enfocado a eliminación de contaminación convencional no del tipo de la contaminación emergente (*prioritarias y preferentes*) actualmente recibida. Y un último aspecto crítico: las EDAR deben respetar los condicionados establecidos en sus Autorizaciones de Vertido pues de lo contrario incurrirían en incumplimientos que podrían originar expedientes sancionadores con costes técnicos y económicos.

### 3 APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL A AGUAS DEPURADAS

Parece muy claro que las Normas de Calidad Ambiental tienen su campo de aplicación en los medios acuáticos libres, no en las aguas depuradas que se regulan por otras normativas (Ley de Aguas y Reglamentos que la desarrollan) bajo el formato de las Autorizaciones de Vertido (AV). Aún más, sería de aplicación asimismo el Reglamento E-PRTR de emisiones al medio de 2007 (y Ley 815/2013) que contempla cargas asociadas a aguas depuradas (sin traslado restrictivo hasta ahora) y no concentraciones de sustancias. En todo caso, nuestras EDAR consiguen los rendimientos de depuración establecidos, con valores medios en aguas depuradas (AEAS, 2.016) de 14 mg/L de  $S_{SUSP}$ , 12 mg/L de  $DBO_5$  y 52 mg/L de DQO, partiendo de un influente con 328, 338 y 675 mg/L, respectivamente, de  $S_{SUSP}$ ,  $DBO_5$  y DQO.

El RD 817/2015 establece las *zonas de mezcla* como aquéllas adyacentes a un punto de vertido donde las concentraciones de los diferentes constituyentes del mismo pueden no corresponder al régimen de mezcla completa de efluente y medio receptor. *Dentro de una zona de mezcla, las concentraciones de una o más sustancias podrán superar las NCA siempre que el resto de la masa de agua superficial siga cumpliendo dichas normas.* Dicho lo anterior, la situación real hoy en día con respecto a NCA y aguas depuradas es la siguiente (Marín Galvín, 2015):

- Se da un traslado casi general de los valores de prioritarias y preferentes de las NCA a las AV.
- En muchos casos se prohíbe el vertido de sustancias no especificadas en las AV, que sólo contemplan el *vertido de parámetros característicos de la actividad* (¿qué actividad?) algo imposible de cumplir por parte del explotador, ya que

los vertidos domésticos, aguas de escorrentías urbanas y contaminación difusa que llegan a las EDAR contienen sustancias imprevisibles y a libre disposición en el mercado.

- En general, los valores de emisión para sustancias prioritarias y preferentes no aplican casi en ningún caso zonas de mezcla, sino directamente las NCA como límites máximos.
- En algunas AV se aplican niveles paramétricos para metales pesados (Pb, Se, Zn, Hg, Ni, Cr y Cu) más exigentes que los de las NCA, cuando no es raro que las propias aguas naturales pudieran contener niveles en origen más altos, e incluso que procedan de las aguas de grifo empleadas.
- Hay algunas excepciones: el caso del País Vasco (Agencia Vasca del Agua-URA) donde se explicita que las NCA se deben alcanzar en el medio receptor y no en el vertido.

¿Se alarman innecesariamente los explotadores por la aplicación de la Administración de los niveles establecidos en las NCA, cuya infracción supone gravosos expedientes sancionadores? ¿Están preparadas nuestras EDAR para reducir sustancias a las tasas exigidas en las NCA? En gran medida, no. Y como justificación la Tabla 5 que presenta las tasas medias de reducción de varias prioritarias y preferentes en EDAR convencionales. Una concentración en agua bruta relativamente alta, o bien un rendimiento de reducción del compuesto muy bajo, comprometería la consecución de la NCA correspondiente.

Tabla 5: % de Reducción de sustancias en EDAR convencionales (datos del autor, en prensa).

Compuestos químicos	% reducción en EDAR	Compuestos químicos	% reducción en EDAR
<b>Bencenos e hidrocarburos aromáticos policíclicos</b>		<b>Compuestos clorados alifáticos</b>	
Bencenos	60% a 96%	Diclorometano, diclorobromometano, dibromoclorometano	≈ 60%
Naftaleno	69% a 95%	Cloroformo	51% a 93%
Fluoranteno	66% a 97%	Dicloroetano	≈ 94%
Antraceno	32% a 80%	<b>Plaguicidas</b>	
Benzo(a)pireno, indeno-pireno	50% a 78%	Hexaclorociclohexano, etión, paratión metil y etil	40% a 84%
Benzo(g,h,i)perileno	56% a 62%	Lindano	32% a 94%
Benzo(b)fluoranteno	59% a 76%	Isoproturón, diurón, alacloro, heptacloro	<10%
		Simazina, atrazina	<40%
<b>Halógenos orgánicos (AOX)</b>	60% a 80%	Diurón, propazina, prometrina, terbutrina, ametrina	40% a 70%
		Clorpirifós, clorfenvinfós	<10% a 80%
<b>Clorobencenos y clorofenoles</b>		Endosulfán	46% a 95%
1,2,5-triclorobenceno	≈ 98%	<b>Disruptores endocrinos</b>	
Hexaclorobenceno	70% a 90%	Nonilfenoles, octilfenoles	32% a 95%
Clorofenol	≈ 85%	Dietilhexil-ftalatos	50% a 95%
Pentaclorofenol	≈ 85%	Difeniléteres-bromados	>90%
<b>Fármacos y medicamentos</b>			
Diclofenaco	21% a 40%	Carbamazepina	<10%

Valorando por un lado la falta de rigor normativo al exigir el cumplimiento de las NCA en aguas depuradas, y por otro el coste de adaptación de las EDAR a esta cuestión (en muchos casos supondría doblar el de las instalaciones originales, y esto a costa del ciudadano) podría abordarse el desarrollo lógico de las zonas de mezcla bajo dos prismas. El primero no restringir la emisión de sustancias que no afecten a la calidad del medio receptor (a veces 50 m aguas abajo del vertido). El segundo, aplicar un balance de masas.

En el segundo caso, como bases de partida, tómnese la relación entre caudal del cauce receptor y caudal del vertido depurado, y los niveles de las NCA aplicables y los que realmente se miden en el cauce. Así, supóngase un cauce natural con una concentración media de contaminante dada, al cual se vierte agua depurada de una EDAR de la zona. Un primer factor corrector podría salir de la diferencia entre nivel de contaminante en el cauce y el recogido en las NCA:  $(C_{\text{PRIMARIA}}) = (C_{\text{NCA}} - C_{\text{CAUCE}})$ . Si  $C_{\text{CAUCE}}$  fuese superior a  $C_{\text{NCA}}$ , la  $C_{\text{PRIMARIA}}$  podría quedar inalterada.

Aplicando el concepto de *zonas de mezcla*, calculemos un coeficiente corrector que mayorase el valor establecido en las NCA para el agua depurada, por lo que la concentración de compuesto en la Autorización de Vertidos ( $C_{\text{AUTORIZACIÓN}}$ ) podría responder a la expresión,  $(C_{\text{AUTORIZACIÓN}}) = (C_{\text{PRIMARIA}} \times F_1)$ . Para el cálculo de  $F_1$  apliquemos una relación entre caudal del cauce y caudal de vertido autorizado de la EDAR. Con un criterio de alto respeto ambiental, considérese el caudal mínimo del cauce. Entonces, el factor de mayoración quedaría como:  $F_1 = [Q_{\text{MÍNIMO CAUCE}} / Q_{\text{AUTORIZADO EDAR}}]$ . Caso de que el caudal del medio receptor fuese inferior al volumen de vertido de la EDAR, el factor valdría la unidad.

Además, si se supone que la EDAR evacua a una zona sujeta a alguna figura de protección ambiental (lo cual en realidad, no se halla recogido en la normativa) podría aplicarse un segundo factor corrector  $F_2$ , en este caso inferior a la unidad: p. e., un valor de compromiso de 0,5 que implicaría reducir a la mitad la concentración de compuesto admisible en un primer momento. Con ello la concentración final de compuesto en la Autorización de Vertidos podría ser:  $(C_{\text{AUTORIZACIÓN}}) = (C_{\text{PRIMARIA}} \times F_1 \times F_2)$ . Finalmente, podría aplicarse la salvaguarda de que la concentración admitida no fuese superior, por ejemplo, al doble o triple del límite de las NCA.

Planteado lo anterior, sea la cuenca del río Guadalquivir y el vertido de una EDAR municipal al mismo. El nivel medio de simazina (*sustancia prioritaria*) en el cauce es de **0,04  $\mu\text{g/L}$** , y el fijado en las NCA es **1,0  $\mu\text{g/L}$** . Además, el  $Q_{\text{MÍNIMO CAUCE}}$  en la zona es de **3,0  $\text{m}^3/\text{s}$** , mientras el  $Q_{\text{AUTORIZADO EDAR}}$  es de **1,0  $\text{m}^3/\text{s}$** . Aplicando el razonamiento anterior, la  $C_{\text{SIMAZINA}}$  en la Autorización de vertidos podría cifrarse en **2,88  $\mu\text{g/L}$** . Asimismo, si la zona tuviese alguna figura de protección ambiental y se aplicase el factor definido más arriba

al efecto, la concentración de simazina podría cifrarse en **1,44 µg/L**. Con la salvaguarda enunciada al principio, la concentración definitivamente admitida en la AV podría estar entre **2,00 µg/L y 3,00 µg/L**, garantizando unos niveles de protección ambiental robustos y justificados.

## 4 CONCLUSIONES

La consecución de la sostenibilidad ambiental en el medio acuático pasa por la aplicación de varias acciones: *concienciación ambiental* de ciudadanos y empresas, o sea, optar por productos comerciales cada vez más sostenibles y con un uso adecuado; *reducción de contaminación en origen*, es decir, progresiva sustitución de sustancias comprobadamente contaminantes, nocivas o refractarias a la depuración biológica en las formulaciones de los productos de comerciales, por otras que lo sean menos; *predepuración de efluentes industriales antes de su vertido al saneamiento general*, ya en el marco específico de las aguas industriales.

En el apartado de las aguas residuales urbanas, la aplicación directa de las normas de calidad ambiental no está soportada en la normativa vigente, pudiendo llevar asociado un colapso indeseado de las EDAR actualmente operativas, tanto técnico como económico. La responsabilidad de los gestores de los saneamientos sólo es una parte minoritaria del problema, no todo el problema, que radica en los usos y rutinas aceptados por la propia sociedad.

Como forma de abordar la cuestión, se puede planear una aplicación coherente de las NCA en base al desarrollo del principio de zonas de mezcla establecido en la normativa, considerando todos aquellos mecanismos que nos puedan garantizar el máximo respeto ambiental para la preservación de los medios acuáticos libres.

## BIBLIOGRAFÍA

AEAS (2002): Aguas Residuales Industriales. Origen, caracterización y efectos sobre las instalaciones públicas de saneamiento y depuración. Madrid.

Mantecón Pascual, R. (2012): Manual Técnico para el Control e Inspección de redes de saneamiento (libre descarga desde Internet), Vol.1-2 y Anexos. Ed. del autor, Barcelona.

Marín Galván, R. (2012). Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas. Ed. Díaz de Santos, Madrid.

Marín Galván, R. (2015): Reflexiones sobre el panorama actual de la aplicación de las normas de calidad ambiental a las EDAR españolas. TecnoAqua, 14, 102-110.

Marín Galván, R. (2017): Contaminación emergente: sustancias prioritarias y preferentes, productos farmacéuticos, drogas de abuso, disruptores endocrinos, microplásticos y patógenos emergentes. Tecnoaqua, 24, 66-77.

Marín Galvín, R. (2018): Tipología de los vertidos a los saneamientos públicos. *Tecnoaqua*, 30, 34-45.

Marín Galvín, R., Mantecón Pascual, R., González Canal, Í, Ripollés Pascual, F., Santateresa Forcada, E., y Navarro Navarro, J. (2010): Impactos de la contaminación de origen doméstico y no industrial sobre los *SISP*. *Infoenviro*, 58, 103-110.

Metcalf y Eddy Inco. (2003): *Wastewater Engineering* (4<sup>th</sup> ed.) Ed. McGraw Hill, New York.

Ripollés Pascual, F., Martínez E, y Mantecón Pascual, R. (2008): Guía Práctica de Actuación en Materia de Inspección de Vertidos a redes de Saneamiento. *Actas XXVIII Jornadas Técnicas AEAS*, Zaragoza, 237-249.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR** - GRADUADO em Engenharia agrícola e civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP; com PÓS-DOUTORADO no estudo de sinterização e obtenção de compósitos de terras raras em células à combustível pelo Centro de Ciências de Tecnologia de Materiais (CCTM) e PÓS-DOUTORADO no estudo da poluição atmosférica e a contribuição dos gases de efeito estufa (GEE) no impacto ambiental pelo Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) ambos realizados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Universidade de São Paulo - USP. MESTRE em Engenharia de Recursos Hídricos - Água e Solos no estudo da relação e interferência dos parâmetros ecofisiológicos de macrófitas na depuração de esgoto doméstico na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP. DOUTOR em Engenharia de Recursos Hídricos e Energéticos estudando a relação e presença de metais pesados dispersos na atmosfera através da coleta de material particulado PM10 e análise pelas técnicas de reflexão total por raios X e microfluorescência com uso de radiação síncrotron aplicadas às análises pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. Possui mais de 45 artigos publicados com temática no uso da engenharia e tecnológicas de ponta e alternativas para estudo dos processos de tratamentos de resíduos líquidos, gasosos e sólidos. Autor de 5 livros técnicos e de 2 capítulos de livros na área de engenharia civil e sanitária. Membro da Associação de Engenheiros da SABESP (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo) atuou como avaliador e examinador na IBFCRL para concursos públicos na área de engenharia civil e agronomia, além de participar em bancas de mestrado e de concursos na UNICAMP e no IFSP. Adepto do ensino continuado realizou mais de 102 cursos de aperfeiçoamento no ensino superior pela Universidade Federal do Ceará, pela Universidade Estadual do Maranhão e outras IES. Possui mais de 10 anos no ensino superior na Universidade Paulista (UNIP); Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU); Universidade Braz Cubas e FATEC-SP. Sendo professor nos cursos de Engenharia: Civil; Sanitária e Ambiental; Elétrica; Mecânica; além dos cursos de tecnologia de edifícios; gestão ambiental e arquitetura e urbanismo. Foi coordenador geral do curso de engenharia civil na FMU durante a gestão de 2015-2016. Tem como linha de pesquisa o estudo contínuo de novas tecnologias de tratamento de resíduos sólidos e líquidos para depuração e conservação do meio ambiente, atuando como pesquisador colaborador na USP e UNICAMP.

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Avaliação ambiental 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13

### C

Contaminação 21, 22, 26, 51

### D

Descarbonização 36, 37

### E

Ecologia 50, 91, 94

EDAR 78, 81, 84, 86, 87, 88, 89

Engenharia 14, 21, 23, 34, 36, 50, 64, 93, 98, 108

Envolvimento dos cidadãos 15

Escassez de água 36, 53

Esgoto 21, 26, 28, 29, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 63, 64, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 107

Estado químico 6, 78, 79, 83

Estado y potencial ecológico 78

Experimental study 65

### G

Gestão 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

### M

Meio ambiente 50, 51, 52, 63, 91, 108

### N

Natureza em Zonas Urbanas 36

Normas de calidad ambiental 78, 80, 81, 83, 84, 86, 89

### P

Pegada Hídrica 14, 15, 16, 17, 18, 19

Planeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Poupança de Água 15, 17, 19

## R

Recursos hídricos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 20, 50, 51, 91

Redutores de Caudal 14, 15, 19

Reuso 21, 30, 34, 53, 54, 63, 91, 94, 107

## S

Saneamento 15, 21, 23, 35, 50, 51, 52, 58, 64, 92

## T

Tejo 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13

Tratamento 17, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 107, 108

Turbulent flow 65, 66, 68, 70, 73, 76, 77

## V

Vegetated corridor 65, 66, 71

Vertido 78, 85, 86, 87, 88, 89