

Contaminantes Emergentes en Agua Superficial y en Agua Potable: Un desafío para reflexionar.

Paulo Frontera

paulofrontera@gmail.com

Universidad de la Republica (UDELAR)

Obras Sanitarias del Estado (OSE)

Uruguay.

26-04-2024

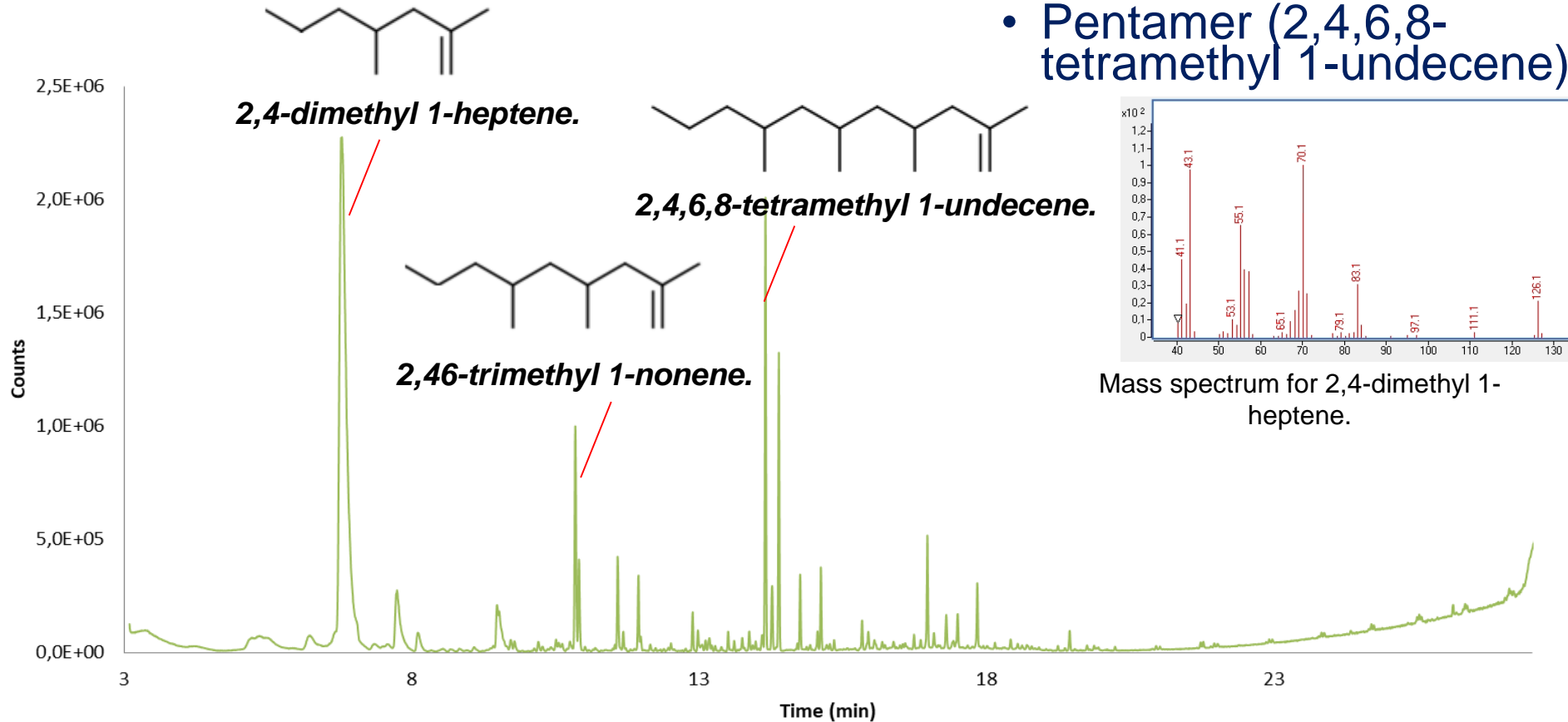
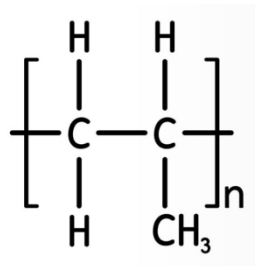


Principales líneas de trabajo- Departamento de Desarrollo Tecnológico, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República.

- Espectrometría de masas avanzada.
- Productos farmacéuticos en aguas residuales (proyectos varios).
- Contaminantes emergentes en aguas naturales y potables (Tesis de posgrado Paulo Frontera).
- Microcistinas en peces (Tesis doctoral Natalia Badagian).
- Remoción y Química analítica de Micro y nanoplásticos (MNPs) en aguas residuales (Tesis doctoral Martin Benzo).
- Plaguicidas en ambientes acuáticos de agroecosistemas (Tesis de Maestría Beatriz Alonso y Tesis doctoral de Cesar Rodríguez).
- Metabolómica de peces expuestos a plaguicidas (Tesis doctoral Juan Manuel Gutiérrez).
- Metabolómica de alimentos (Tesis de posgrado de Bruno Silva).
- Reconstrucción paleoambiental (Tesis doctoral de Germán Azcune).

Algunas capacidades analíticas novedosas: Py-GC-MS (Pyrolysis GC-MS).

- Polypropylene (PP).



- Oligomers, mainly:
- Trimer (2,4-dimethyl 1-heptene).
- Tetramer (2,4,6-trimethyl 1-nonene).
- Pentamer (2,4,6,8-tetramethyl 1-undecene).

Algunas capacidades analíticas: Py-GC-MS (Pirolysis GC-MS).



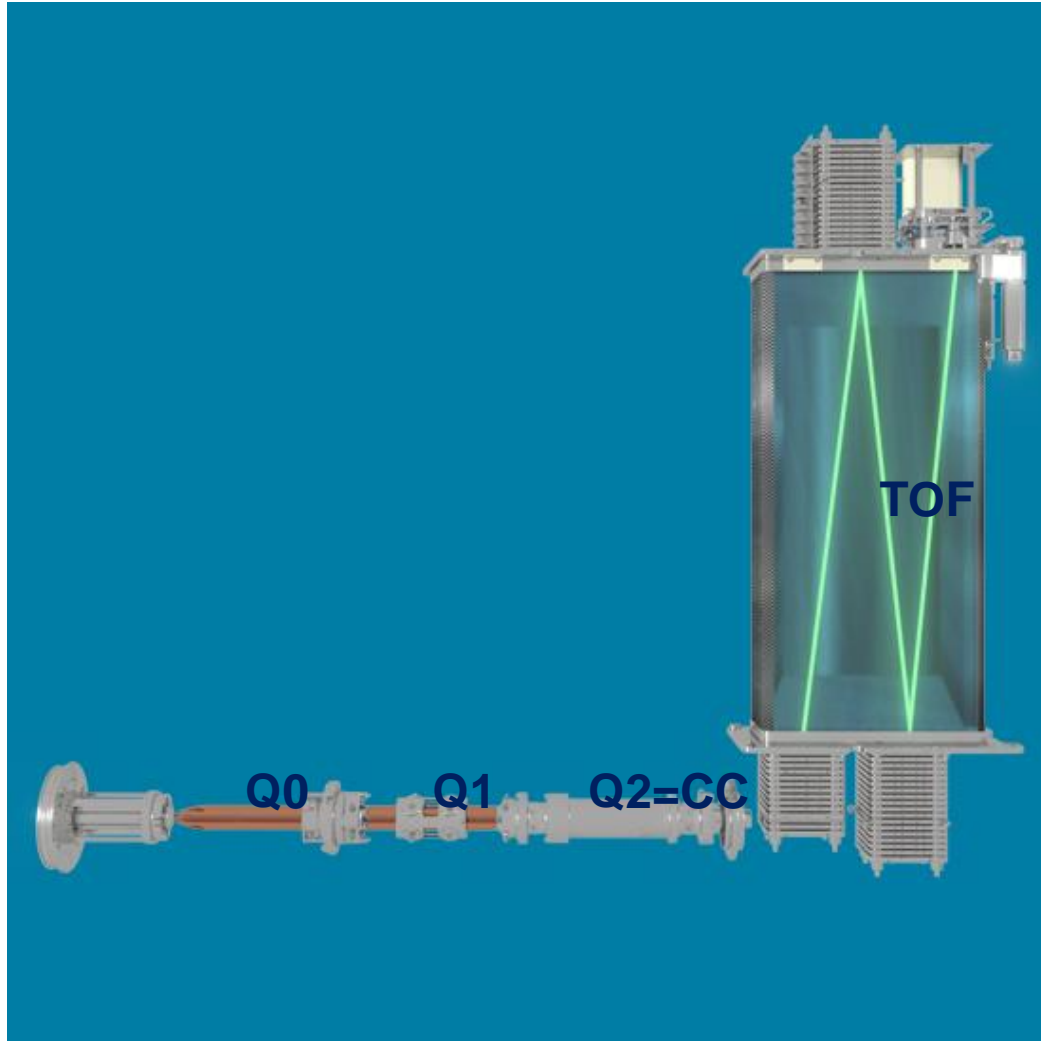
Algunas capacidades analíticas novedosas: EGA-GC-MS (análisis de gases desprendidos GC-MS).



Hybrid Simultaneous Thermal Analysis (STA) – evolved gas analysis (EGA) - Gas Chromatography - Mass Spectrometry).

Netzsch STA 449 –F5 / Agilent Technologies 7890-5977B.

QTOF MS.



Ion path.

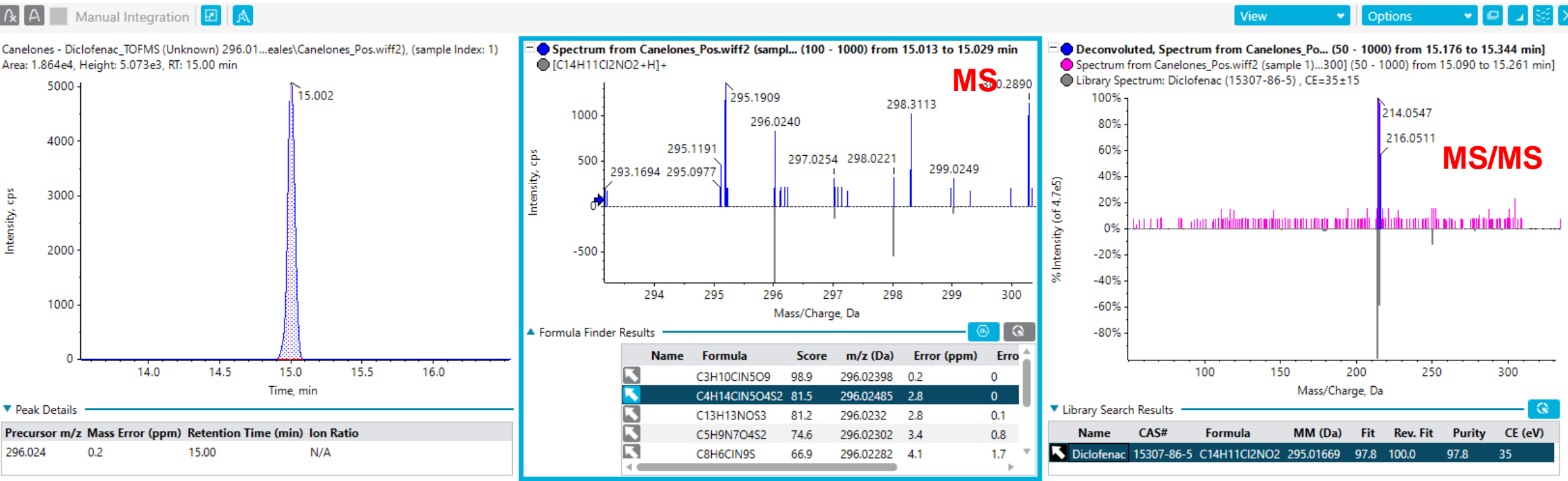


X500R QTOF.



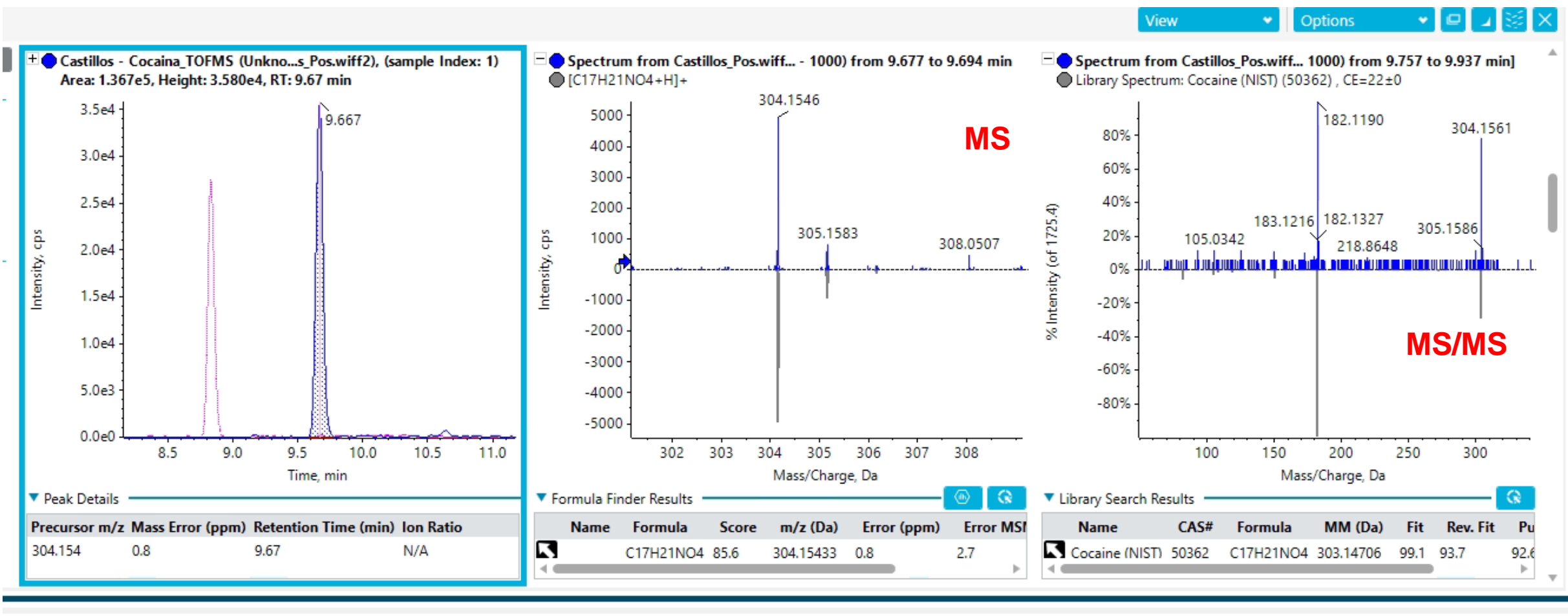
6550 QTOF.

Target screening.



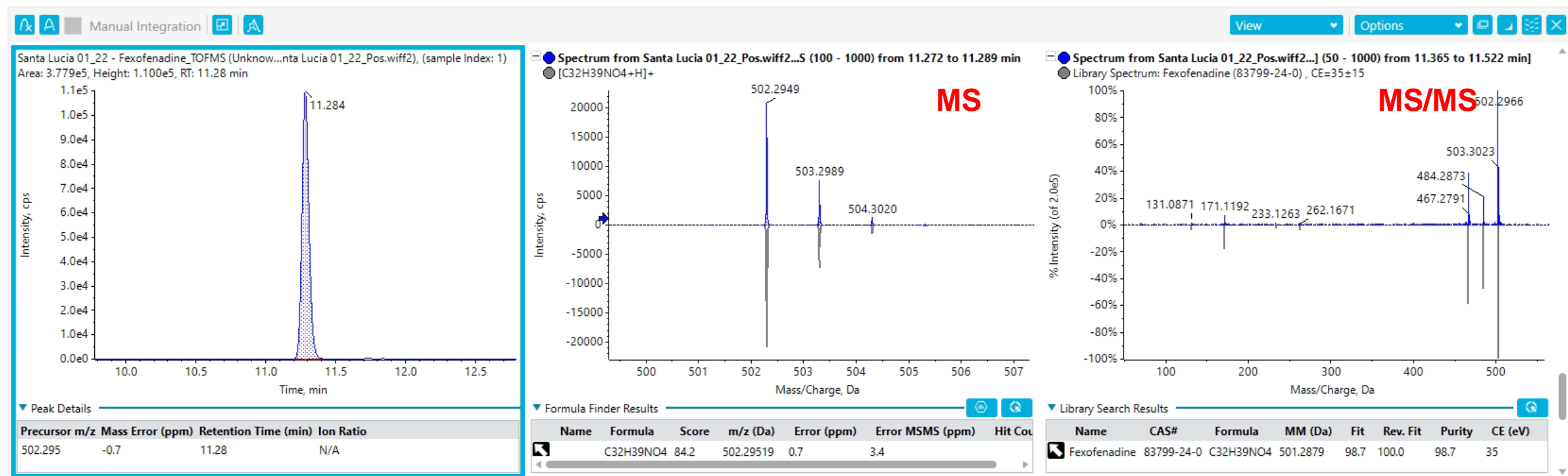
Diclofenac Análisis de conocidos (aproximación tradicional).

Suspect screening.



Cocaína – análisis de sospechosos.

Non-target screening.



Fexofenadine – identificación de desconocidos.

Andrés Pérez Parada
Departamento de Desarrollo Tecnológico
CURE.
Universidad de la República, URUGUAY.
aperez@cure.edu.uy



**UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY**

Posgrado: “Remoción de Contaminantes Emergentes en el Proceso de Potabilización”.



Dr. Eduardo Manta
Departamento de Química
Orgánica (FQ)
Universidad de la
República Uruguay.



Dr. Andrés Pérez Parada
Departamento de Desarrollo
Tecnológico (Cure)
Universidad de la República
Uruguay.



Q.F. Paulo Frontera
Estudiante de posgrado-
Universidad de la
República Uruguay.

CEs.



Otros:
Ejemplo
Cafeína.



Productos
de Cuidado
Personal.

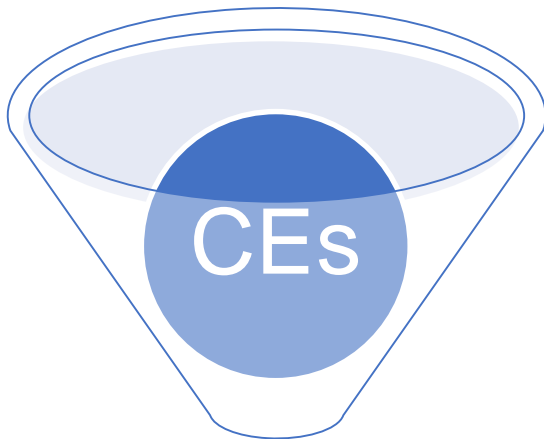


Hormonas.



Surfactantes.

Agua Superficial.



Proceso de Potabilización.



CEs
DBPs ?.

CEs
Agua Potable?.



Compuestos
Perfluorados.
Parafinas
Cloradas.



Plaguicidas
y sus
Metabolitos.



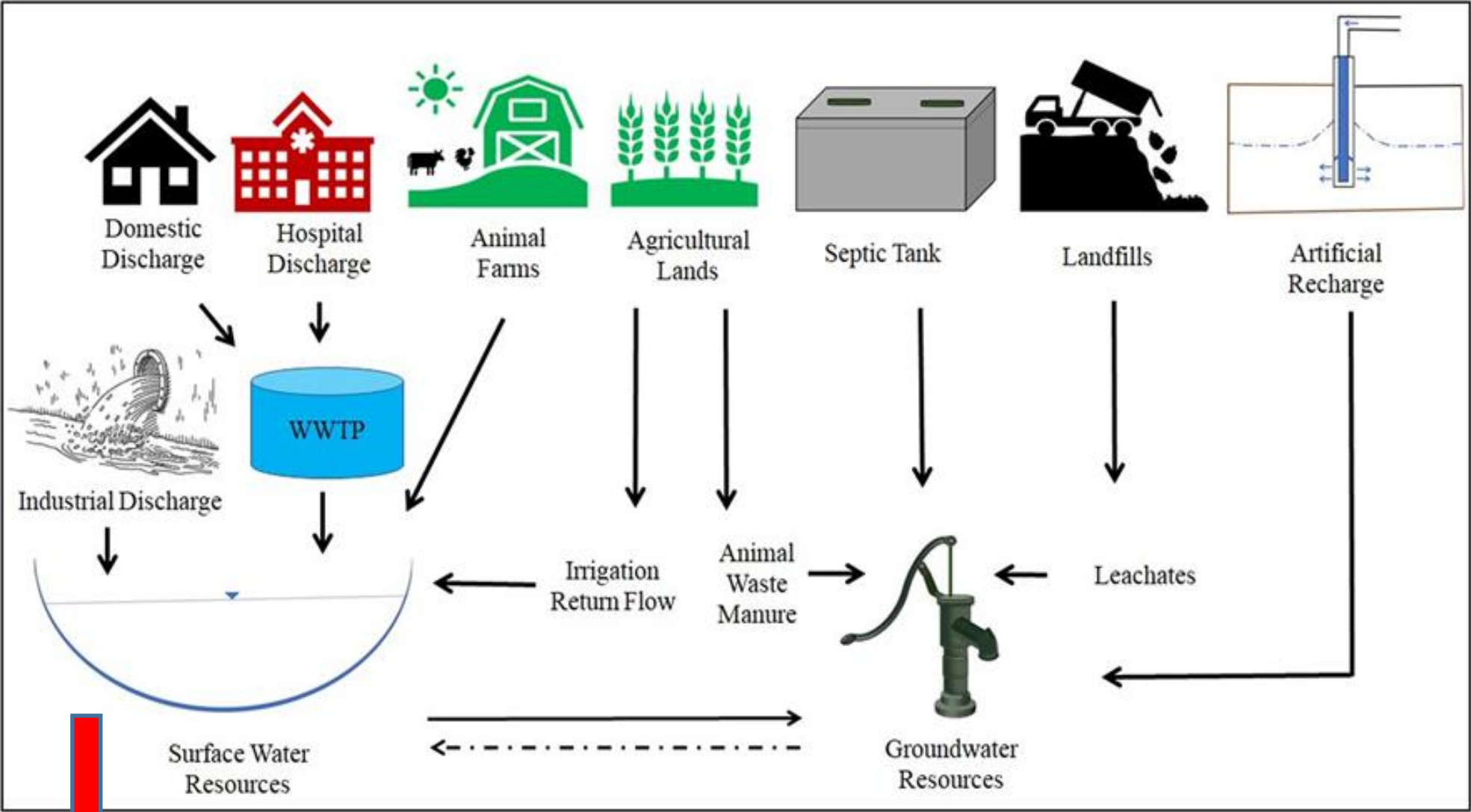
Retardantes
de Llama.



Drogas
ilícitas.

Fármacos.





Schematic diagram stating potential sources and pathways for pollution of drinking water sources by EOCs. Mukhopadhyay et al 2022

CEs.

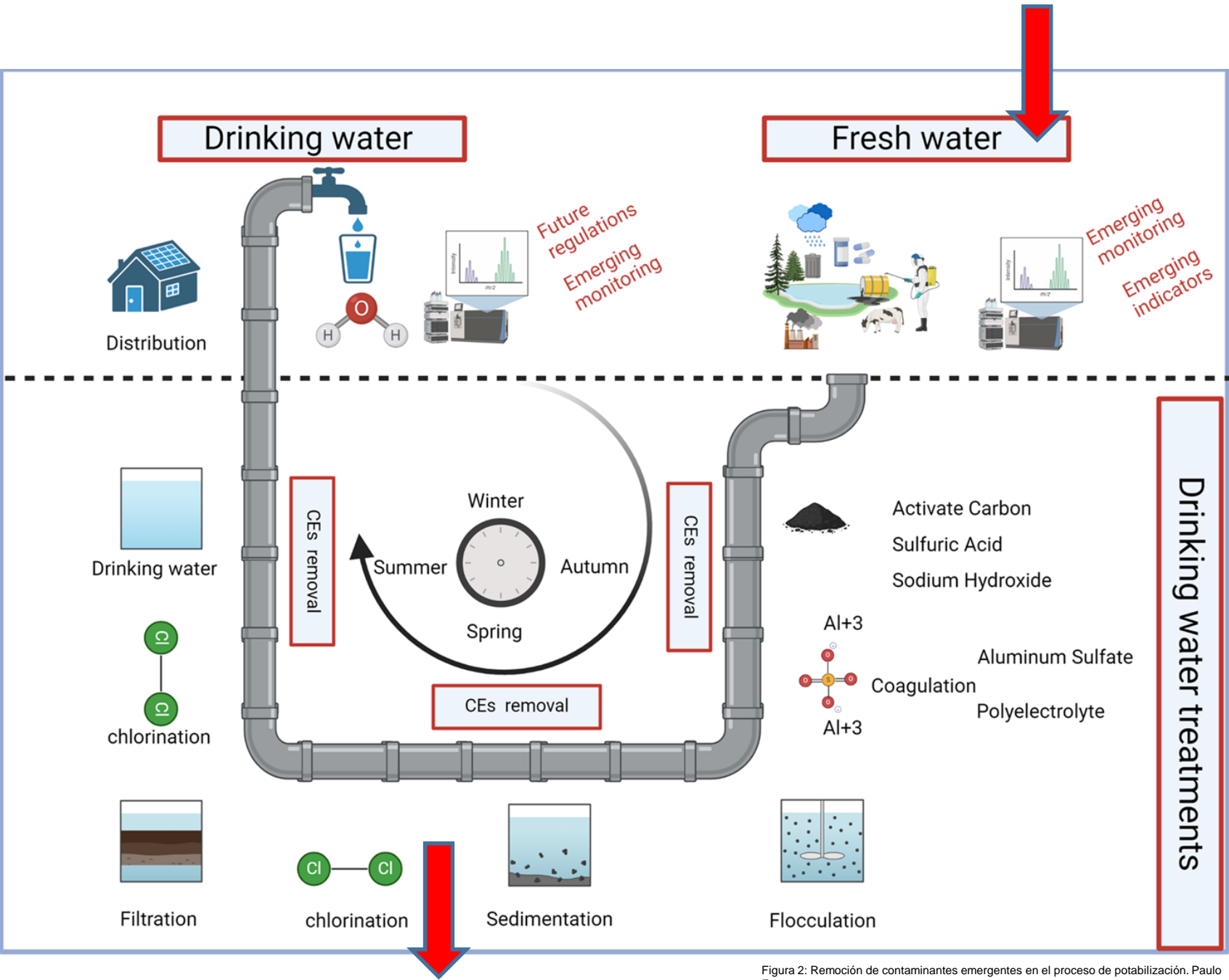
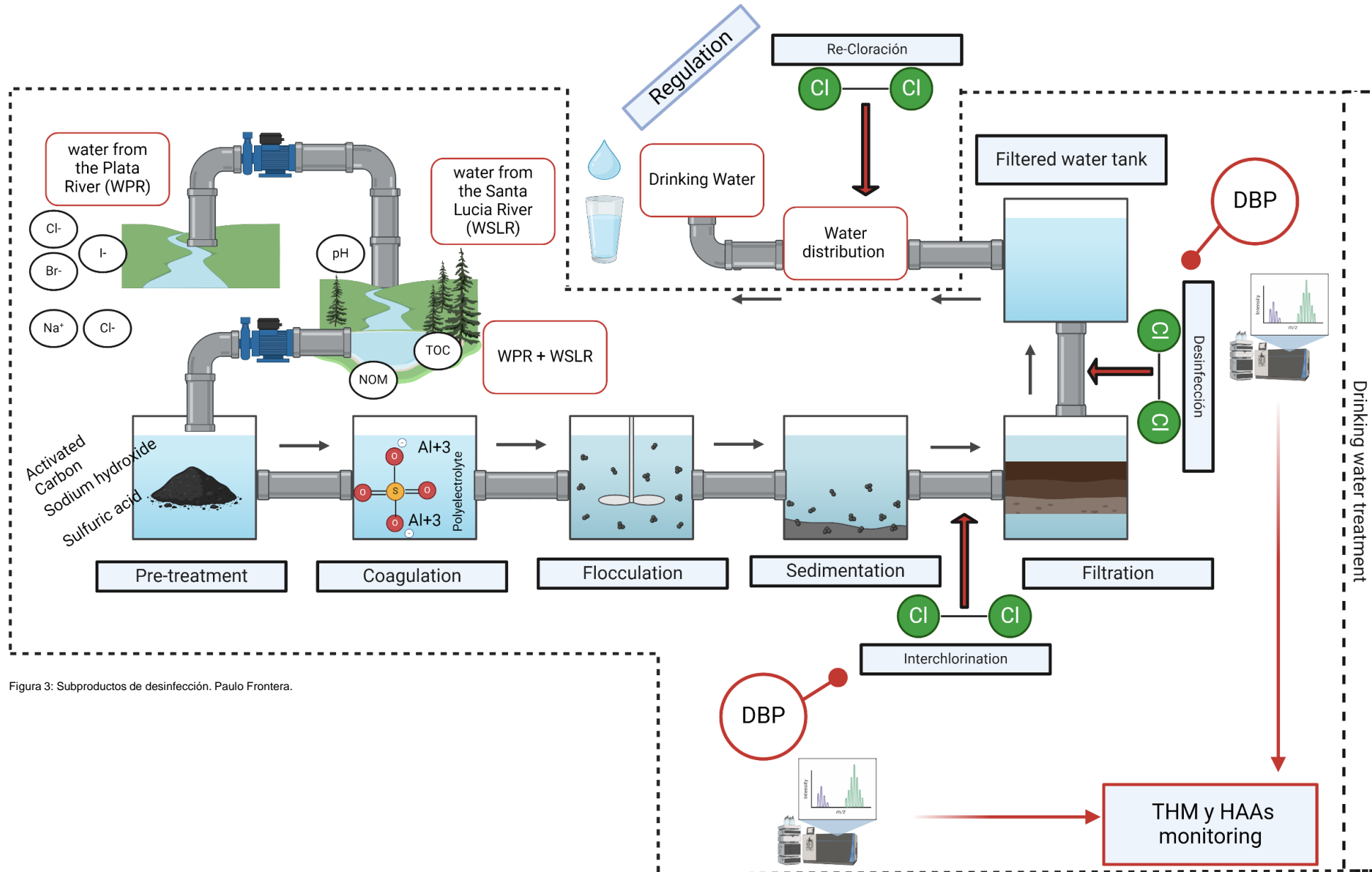


Figura 2: Remoción de contaminantes emergentes en el proceso de potabilización. Paulo Frontera.

CEs-DBPs (Subproductos de Desinfección).



CEs-Antecedentes internacionales.



Review

Emerging pollutants in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature



Carlos Peña-Guzmán^{a,*}, Stefanie Ulloa-Sánchez^a, Karen Mora^b, Rosa Helena-Bustos^c, Ellie Lopez-Barrera^d, Johan Alvarez^a, Manuel Rodriguez-Pinzón^e

Table 7
Concentration of pollutants in surface water.

Class of EP	Emerging pollutants	Min/Max concentration (ng/L)	Average concentration (ng/L)Para Run-on- >	Standard deviation	Class of EP	Emerging pollutants	Min/Max concentration (ng/L)	Average concentration (ng/L)	Standard deviation
Pharmaceuticals	Caffeine	8–106,000	13,287.52	23,867.35	Personal care products	Methylparaben	17–537	277	367.70
	Oxytetracycline	428	-	-		Ethylparaben	15,036	-	-
	Ibuprofen	2–37,000	8542.96	12,224.41		Butylparaben	13–55	34	29.70
	Ketoprofen	21–10,000	2670.75	4894.04		Propylparaben	11–160	99.77	78.49
	Cimetidine	63	-	-		Salicylic acid	19–9600	3862	4252.28
	Mebendazole	14.30	-	-	UV filters	Bisphenol A	2.76–64,200	2434.73	10,155.01
	Nimesulide	12	-	-		Triclosan	4.51–1300	319.16	513.33
	Ciprofloxacin	0.41–740	108.05	258.67		Benzophenone-1	6	-	-
	Clarithromycin	63	-	-		Benzophenone-3	2–225	113.50	157.68
	Clindamycin	8	-	-		Benzophenone-4	5	-	-
	Doxycycline	74,000	-	-		Octyl methoxycinnamate	200	-	-
	Gemfibrozil	9–17,000	4272.25	8485.21		4-methylbenzylidene camphor	50	-	-
	Indomethacin	2323	-	-	Endocrine disruptors	17β-estradiol	0.31–13,450	1422.16	2743.78
	Lincomycin	11	-	-		Estriol-16	0.34–2.67	1.51	1.65
	Norfloxacin	0.41–1744	257.19	655.89		Glucuronide Estradiol-	1.1–7.34	4.22	4.41

CEs-Antecedentes internacionales.

Water Research 198 (2021) 117099



Contents lists available at ScienceDirect

Water Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



What's in the water? – Target and suspect screening of contaminants of emerging concern in raw water and drinking water from Europe and Asia



Rikard Tröger^{a,*}, Hanwei Ren^b, Daqiang Yin^b, Cristina Postigo^c, Phuoc Dan Nguyen^d, Christine Baduel^e, Oksana Golovko^{a,f}, Frederic Been^g, Hanna Joerss^h, Maria Rosa Boledaⁱ, Stefano Polesello^j, Marco Roncoroni^k, Sachi Taniyasu^l, Frank Menger^a, Lutz Ahrens^a, Boon-Vin Tran^a, Kevin M. McKee^a

Table 1
Information about the 13 different drinking water treatment plants (DWTPs) from which samples were collected

Location	Source water	Intake depth	Daily production (x 1000 m ³)	Number of consumers	Artificial infiltration	Pre-chlorination	Coagulation	Flocculation	Sedimentation	Rapid sand filtration	Slow sand filtration	GAC	Ultraviolet radiation	Chlorination	Ozonation	Ultrafiltration	Reverse osmosis	Other treatment Techniques
Belgium	Surface water	N/A	150	750 K	N	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N	N	Flotation
China #1	Qing Reservoir	N/A	40	100 K	N	N	N	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	N	N	
China #2	Yangtze River - Jin Reservoir - Huangpu River	N/A	30	35 K	N	N	N	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	N	N	Ozone pre-treatment
Czech Republic	River Úhlava	0 -1.5 m	37	210 K	N	N	Y	N	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y*	N	N	Hardening
Germany	Reservoir water	50-60 m	86	190 K	N	N	Y	Y	N	N	Y	N	N	Y	N	N	N	Auto catalytic filtration
Italy #1	Lake water	40 m	35	N/A	N	N	N	Y	N	Y	N	Y	N	N	Y	N	N	pH adjustment
Italy #2	Po River water	5 m	86	250 K	N	N	N	Y	Y	N	N	Y	N	Y	Y	N	N	
Japan	Surface water	0-1 m	60	190 K	N	N	Y	Y	Y	N	N	Y	N	Y	Y	N	N	
Spain	Surface water	NE Spain	270	N/A	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	Y	
Sweden	Lake Mälaren	4-28 m	140	700 K	N	N	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	N	N	N	
Switzerland	Lake Zurich	30 m	78	500 K	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N	
The Netherlands	River bank filtrate	14-45 m	36	200 K	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	Carry-over filter
Vietnam	Saigon River	4 m	300	240 K	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	N	N	N	pH adjustment

GAC = granular activated carbon; Y = Yes; N = No; N/A = not available;
*shut down on the day of sampling due to technical problems

Europa y Asia identifican CEs en todas las aguas superficiales (AS) y consecuentemente en agua potable (AP).

AS: Rango de 15 ng/L a 7995 ng/L.

AP: rango de 35-919 ng/L dependiendo del tratamiento.

CEs-Antecedentes internacionales.

Carbamazepina, atrazina, cafeína y metolaclopro son detectados con frecuencia en las fuentes de AP.

Perfluorados (PFAs) y Pesticidas son de preocupación en AP siendo estos últimos de relevancia significativa en zonas de actividad agropecuaria (Tröger et al 2021).

Journal of Environmental Chemical Engineering 10 (2022) 107560



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Environmental Chemical Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jece



Emerging organic contaminants in global community drinking water sources and supply: A review of occurrence, processes and remediation

Anwesha Mukhopadhyay^a, Srimanti Duttagupta^b, Abhijit Mukherjee^{a,c,*}

Science of the Total Environment 751 (2021) 141748



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Occurrence and seasonality of raw and drinking water contaminants of emerging interest in five water facilities

Rama Pulicharla^a, François Proulx^a, Sonja Behmel^b, Jean-B. Sérodes^c, Manuel J. Rodriguez^{a,*}

CEs: Antecedentes nacionales.

	Compound	Pollutant Family	DF (%) ¹	Mean (µg/L)	Range (µg/L)
1	Fenazaquin	Insecticide	85	0.08	(0.05-0.63)
2	DEET	LifeStyle	67	0.15	(0.02-2.24)
3	Tamoxifen	Pharmaceutical	65	0.28	(0.06-2.40)
4	Caffeine	LifeStyle	62	0.20	(0.05-1.17)
5	Atrazine	Herbicide	57	0.48	(0.21-1.10)
6	Pendimethalin	Herbicide	52	3.08	(<LOQ - 3.08)
7	17-B-estradiol	Hormone	19	2.35	(0.09-7.90)
8	Metolachlor	Herbicide	18	1.60	(0.23-14.6)
9	Terbutaline	Pharmaceutical	14	0.28	(0.16-0.45)
10	Clomiphene	Hormone	13	<LOQ	-
11	Cocaine	AbuseDrug	12	<LOQ	-
12	Morphine	Pharmaceutical	11	<LOQ	-
13	Cadusafos	Insecticide	11	0.67	(0.34-1.32)
14	Pyrazophos	Fungicide	9	0.08	(0.08-0.09)
15	Clofentezin	Insecticide	7	<LOQ	-
16	Amitraz	Insecticide	5	0.07	(0.03-0.12)
17	Ibuprofen	Pharmaceutical	5	0.30	(0.30-0.30)
18	Lomefloxacin	Pharmaceutical	5	<LOQ	-
19	17- α -Ethinylestradiol	Hormone	4	11.6	(0.13-45)
20	Thiabendazole	Fungicide	4	<LOQ	-
21	Diclofenac	Pharmaceutical	3	<LOQ	-
22	Azoxystrobin	Fungicide	2	0.30	(0.30-0.31)
23	Atenolol	Pharmaceutical	2	<LOQ	-
24	Benzoyllecognine ₂	AbuseDrug	2	0.83	(0.32-1.33)
25	Ciprofloxacin	Pharmaceutical	2	<LOQ	-
26	Carbendazim	Fungicide	1	<LOQ	-

Science of the Total Environment 697 (2019) 134058



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv




Basin-scale monitoring and risk assessment of emerging contaminants in South American Atlantic coastal lagoons

Luciana Griffero ^a, Jaime Alcántara-Durán ^c, Cecilia Alonso ^{a,b}, Lorena Rodríguez-Gallego ^b, David Moreno-González ^c, Juan F. García-Reyes ^c, Antonio Molina-Díaz ^c, Andrés Pérez-Parada ^{d,*}




CEs: Listas de candidatos.

 An official website of the European Union

How do you know? ▾

English (en) ▾



EU SCIENCE HUB

The European Commission's science and knowledge service

European Commission > EU Science Hub > Science update > Updated surface water watch list adopted commission

Home About Us Research Knowledge Working With Us Procurement News & Events Our Communities

News & events

News

Science updates

COVID-19 science corner

Events

Newsletters


Press centre

Updated surface water Watch List adopted by the Commission

JUL
03
2018

Based on JRC recommendations and Member States' approval, the European Commission has adopted and published an updated Watch List of substances to be monitored in EU surface waters.

Under the Water Framework Directive (WFD), the surface water Watch List (WL) is a list of potential water pollutants that should be carefully monitored by the EU Member States to determine the risk they pose to the aquatic environment and whether EU Environmental Quality Standards (EQS) should be set for them. This list should be updated every 2 years.



©foodfoto - stock.adobe.com

Related Content

COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2018/840 of 5 June 2018 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Decision (EU) 2015/495

JRC Technical Report: Review of the 1st Watch List under the Water Framework Directive and recommendations for the 2nd Watch List

Water Framework Directive

CEs: Listas de candidatos.

26.7.2022

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

L 197/117

DECISIONES

DECISIÓN DE EJECUCIÓN (UE) 2022/1307 DE LA COMISIÓN

de 22 de julio de 2022

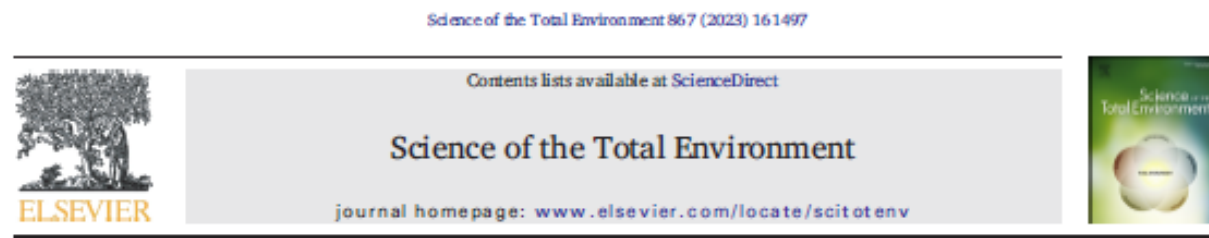
por la que se establece una lista de observación de sustancias a efectos de seguimiento a nivel de la Unión en el ámbito de la política de aguas, de conformidad con la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo

[notificada con el número C(2022) 5098]

(Texto pertinente a efectos del EEE)

United States Environmental Protection Agency (EPA) (2023). Drinking Water Contaminant Candidate List (CCL) and Regulatory Determination. [En línea]. EEUU. Disponible en: <https://www.epa.gov/ccl>

CEs- DBPs.



Review

The occurrence, formation and transformation of disinfection byproducts in the water distribution system: A review



Relationships between regulated DBPs and emerging DBPs of health concern in U.S. drinking water

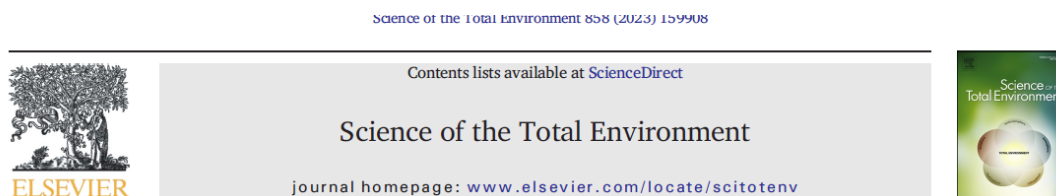
Stuart W. Krasner^{1,*}, Ai Jia¹, Chih-Fen T. Lee¹, Raha Shirkhani¹,
Joshua M. Allen^{2,*}, Susan D. Richardson², Michael J. Plewa^{3,4}



Review

Emerging disinfection byproducts: A review on their occurrence and control in drinking water treatment processes

Andreea Florina Gilca^a, Carmen Teodosiu^{a,*}, Silvia Fiore^{b,**}, Corina Petronela Musteret^a



Oxidative treatment of NOM by selective oxidants in drinking water treatment and its impact on DBP formation in postchlorination

Juan Li^{a,*}, Yang Song^b, Jin Jiang^c, Tao Yang^d, Ying Cao^e



Remoción de Contaminantes Emergentes en el Proceso de Potabilización.

- Se identificó y cuantificó los principales CEs en AS y AP.
- Sistema de potabilización convencional.
- Análisis target screening por UPLC-Q Orbitrap high resolution ,mass spectrometry.
- Evaluación de riesgos.
- Indicadores.
- Sustancias prioritarias para el monitoreo.
- Porcentaje de remoción.

La cuenca del Rio Santa Lucia.

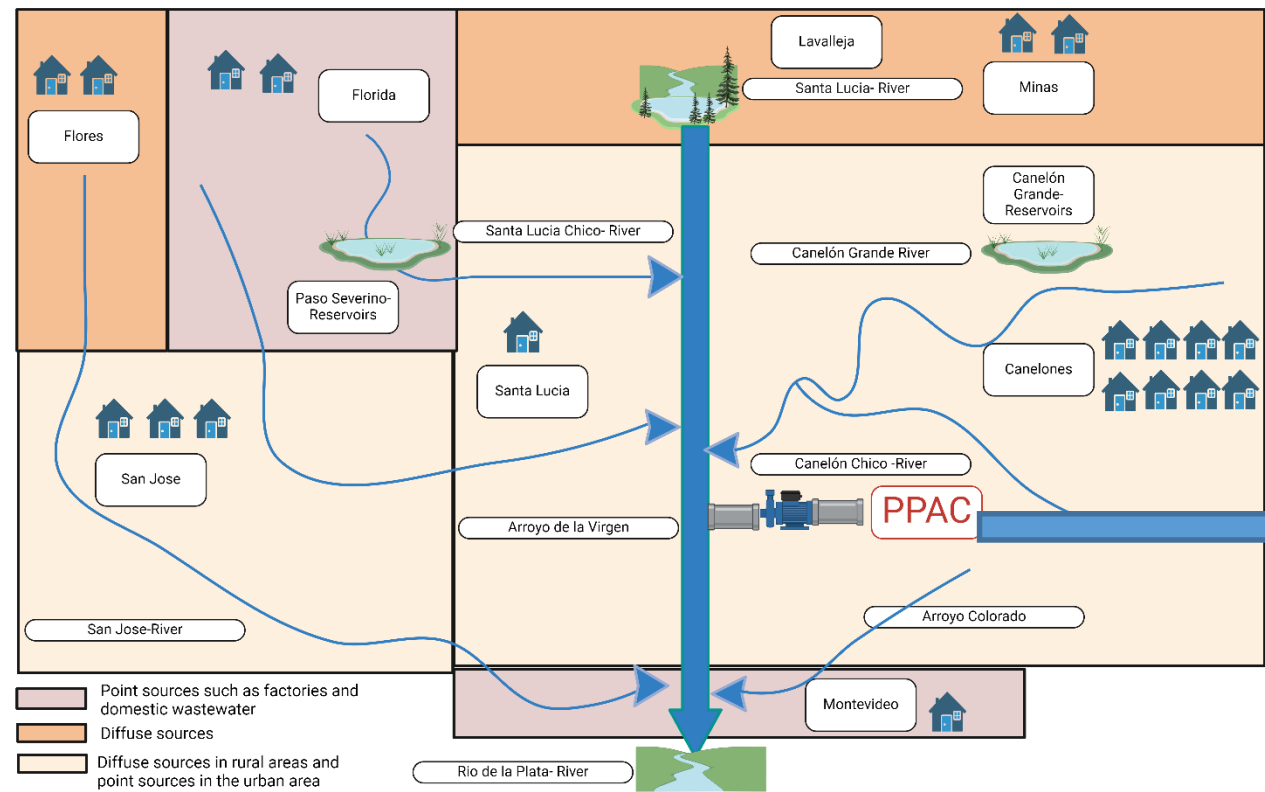
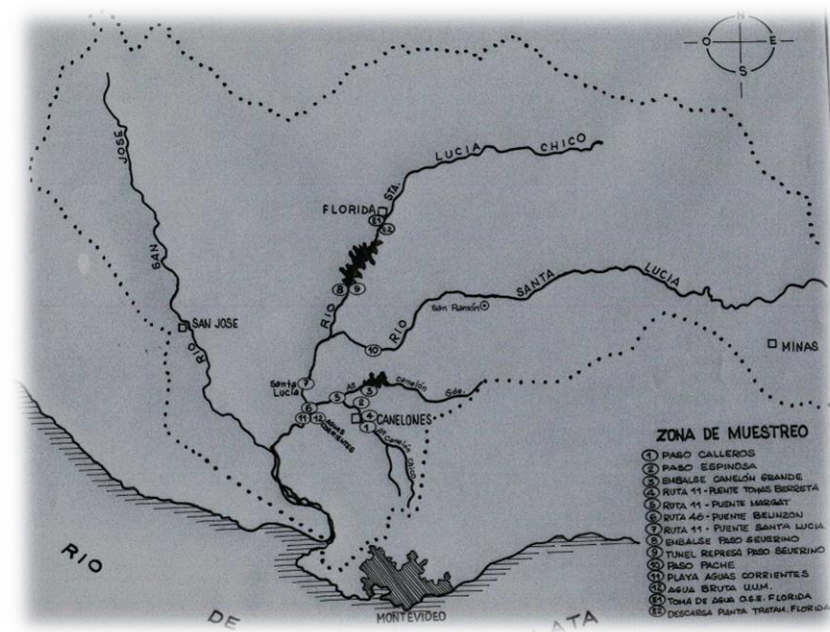


Figura 4: Cuenca del Santa Lucia. Paulo Frontera.



Agosto 2019- Julio 2020



200 mL

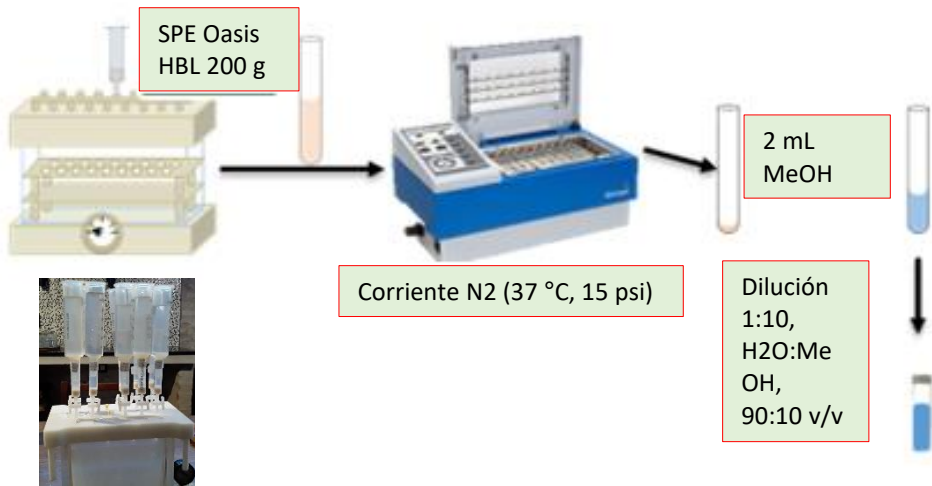
28 Muestras



1000 mL

28 Muestras

TPP (10 mg/L): Se agregan 20 µL. Conservación en heladera T < 4 °C. Muestras sin filtrar, sin regular pH, sin conservantes.



Columna C18, 3 µm, 100Å
(75 µm x 150 mm)

Conditions LC:
Flow rate: 0,3mL/min
Inj vol.: 10µL
Gradiente: 0min 10%B, 4min 50%B, 17min 95%B, 25min 95%B, 25.1min 10%B y 30min 10%B

Fase Móvil:
A: H₂O 0,1% HCOOH
B: MeOH 0,1% HCOOH

UPLC LC-Q-Orbitrap



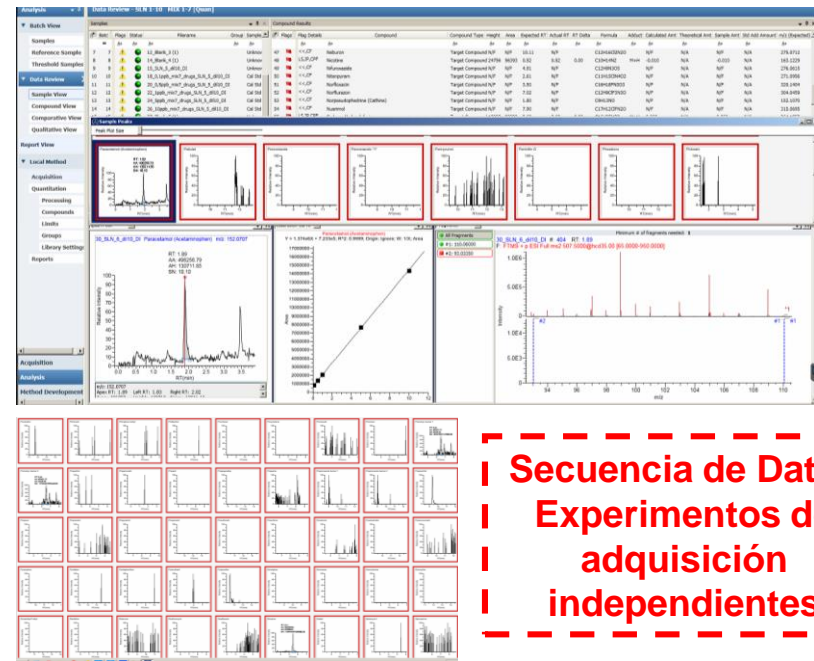
MS –MS Experimento

Xcalibur 2,2
TraceFinder 3.3

Secuencia de Datos
Experimentos de adquisición independientes

Full Scan MS
AGC Target: 1x10⁶
Resolution: 70.000
IT Máx: 50 ms

MS/MS AIF
AGC Target: 2x10⁵
Resolution: 25.000
IT Máx : 50 ms



CEs-Resultados.

Manuscrito en preparación.

Este trabajo contribuye al conocimiento de la remoción de los CEs de manera integral por las Plantas de Tratamiento Convencional de Agua Potable y a la definición de estrategias de tratamiento para abordar la problemática.

Aspectos como la necesidad de mejorar los tratamientos en las WWTP y la aplicación de tecnologías avanzadas en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (DWTP) deberán ser considerados y evaluados.

CEs-DBP.

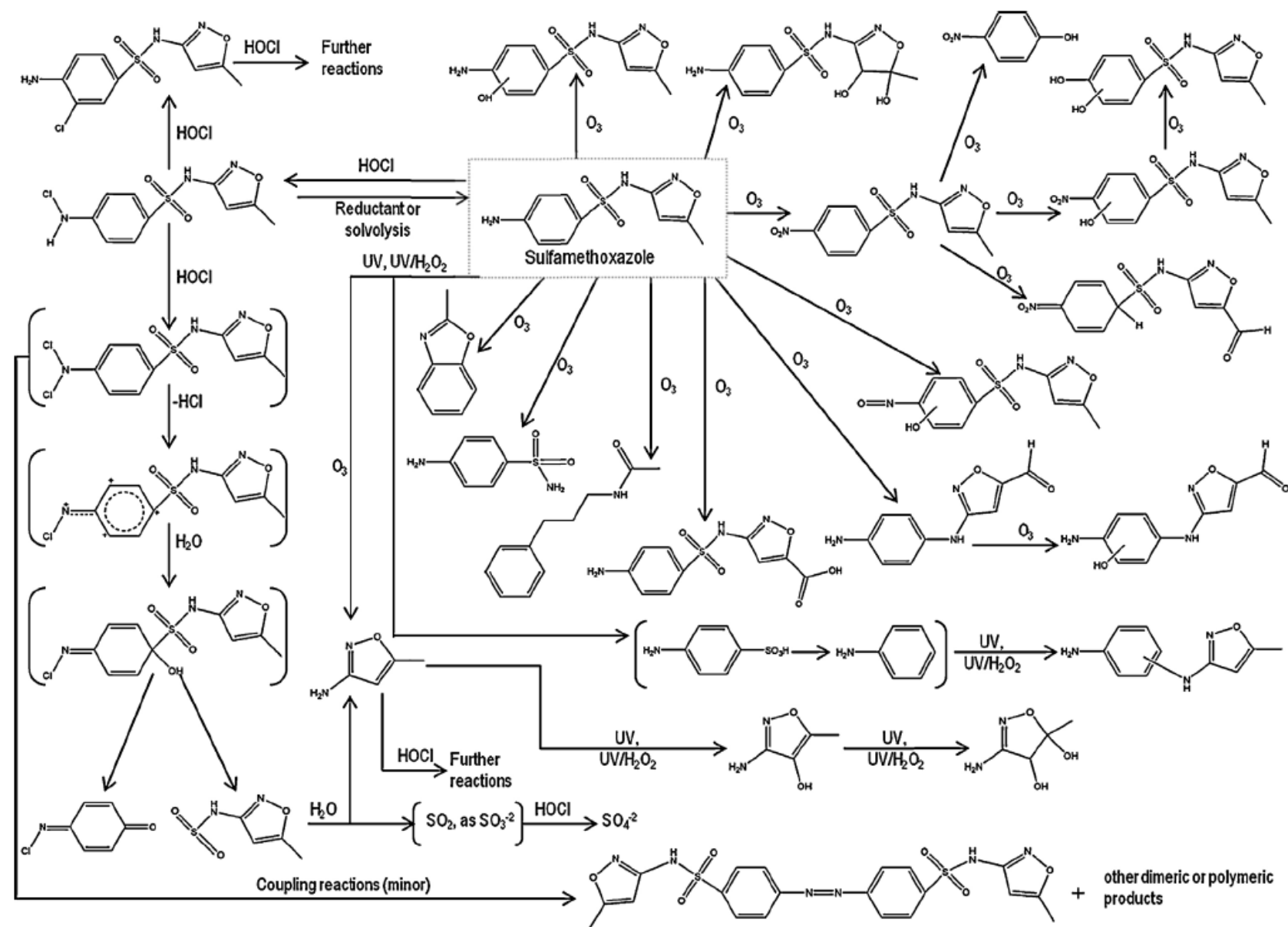


Fig. 1. Transformation of sulfamethoxazole under chlorine, ozone, and UV treatments (adapted from Abellan et al. [62], Gomez-Ramos et al. [53], Lekkerkerker-Teunissen et al. [83], and Dodd et al. [321]). Structures in brackets are given as probable intermediates.

CEs-DBP.

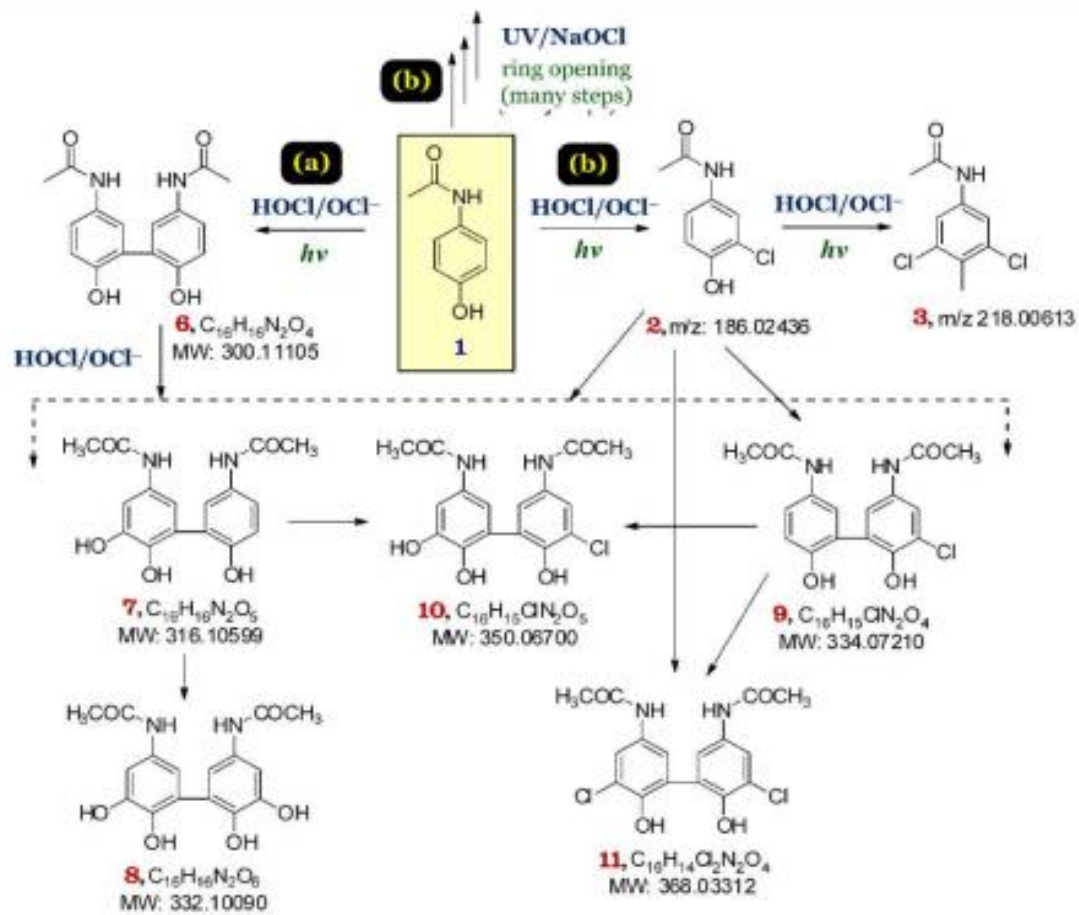
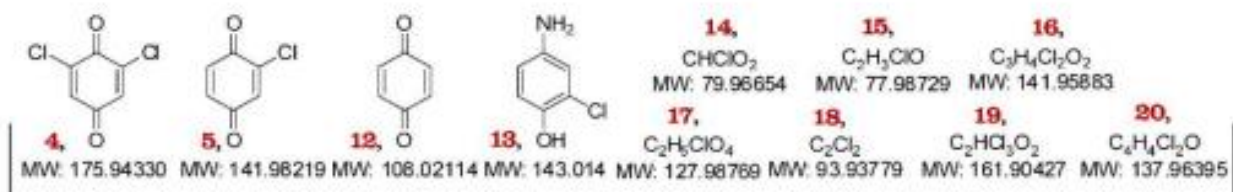
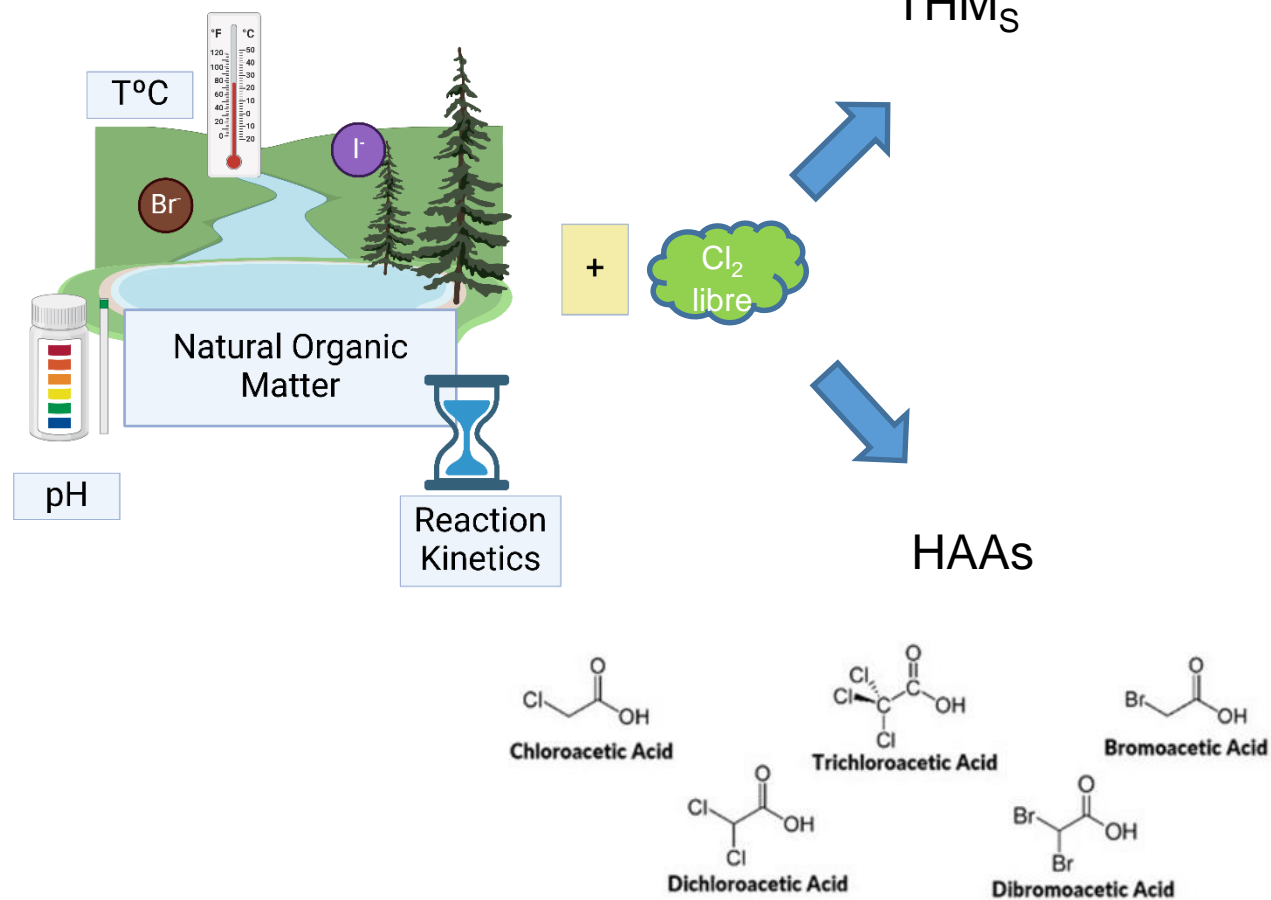


Figure 9. Possible pathways of PRC degradation under the UV/chlorine advanced oxidation process.

CEs-DBP.

Un caso de estudio:
Emergencia Hídrica.



Nombre	Acronimo	VMP (mg/L). Valor máximo permitido
Monochloroacetic acid	MCAA	0.02
Dichloroacetic acid	DCAA	0.05
Trichloroacetic acid	TCAA	0.20
Bromoform	TBM	0.10
Chloroform	TCM	0.15
Bromodichloromethane	BDCM	0,06
Dibromechloromethane	DBCM	0,10

Norma UNIT 833:2008.
Agua Potable: Requisitos.
WHO (OMS Basado).
US EPA < 0.06 mg/L.

Toxicidad HAAs: I > Br > Cl

Además se debe cumplir que:

$$\frac{C_{\text{Bromoform}}}{\text{VMP}_{\text{Bromoform}}} + \frac{C_{\text{BDCM}}}{\text{VMP}_{\text{BDCM}}} + \frac{C_{\text{Chloroform}}}{\text{VMP}_{\text{Chloroform}}} + \frac{C_{\text{DBCM}}}{\text{VMP}_{\text{DBCM}}} \leq 1$$

C es la concentración para cada compuesto.

Subproductos de Desinfección (DBPs).

- Los Trihalometanos (THM) y los Ácidos Haloacéticos (HAAs) son los principales subproductos de la desinfección (DBPs) que se forman en la cloración durante el proceso de potabilización (Krasner et al 2022).
- La causalidad entre la exposición a los DBPs con cáncer y otras enfermedades no se ha probado de manera concluyente (Benítez et al 2021).
- Las especies iodadas son más tóxicas que las especies bromadas las cuales son más tóxicas que las cloradas (Krasner et al 2022).
- La Noma UNIT 833:2008 especifica límites para cuatro THMs (Bromoformo, Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano) y tres HAAs (Ácido Monocloroacético, Ácido Dicloroacético, Ácido Tricloroacético).
- Regulaciones internacionales incluyen especies cloradas y bromadas de DBPs.

Materiales y Métodos.

THM s

- THMs fueron monitoreados por EPA 524.4 (purga y trampa GC-MS).

HAAs

- HAAs fueron monitoreados por EPA 552.3 (micro extracción liquido-liquido y GC-MS).
- Materiales de referencia certificados Sigma Aldrich.
- Blanco de matriz– agua mineral.
- Niveles de recuperación: 2.5; 25 y 100 µg/L.
- Estándar interno para cuantificación: 1,2,3 Trichloropropane (TCP.)
- Estándar Subrogado (SS): 2,3 dibromo propionic acid (DBP) – en todas las muestras.

Agua Pretratada
(NH₄Cl)

40 mL de agua
(ajuste de pH)

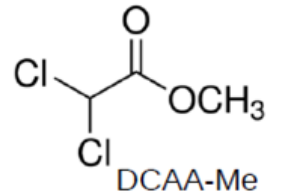
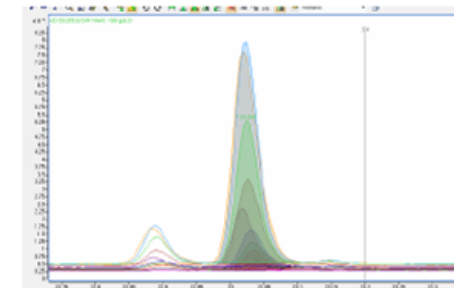
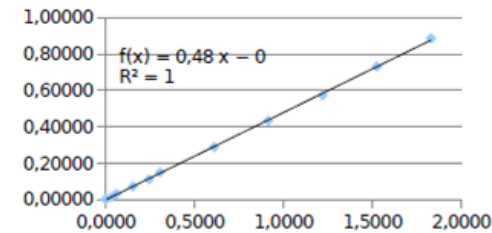
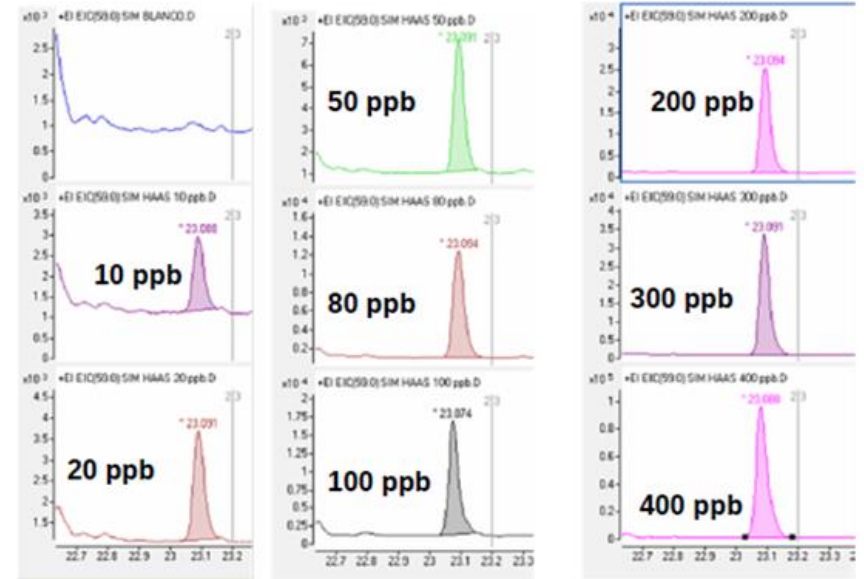
Extracción con
4 mL MTBE

Derivatización con
metanol ácido
(2hrs!, 50°C)

“Salting out
7mL Na₂SO₄ solución

Neutralización con
NaHCO₃

GC-MS analisis
EI / SIM modo



Resultados y Discusión.

Manuscrito en preparación.

Parámetros fisicoquímicos.

- Cambio de matriz en agua superficial.
- Aumento de cloruros, sodio y conductividad en agua superficial.
- Las dosis de cloro utilizadas en el proceso de potabilización no se vieron afectadas durante la emergencia hídrica.

DBPs.

- Aumento y cambio del tipo de DBPs (THMs y HAAs) formados.
- El principal THM formado durante la emergencia hídrica fue el bromoformo.
- El principal HAAs formado fue el Ácido Dibromoacético (DBAA) seguido de Ácido Tribromoacético (TBAA), Ácido Monobromoacético (MBAA), Ácido Bromodicloroacético (BDCAA) y Ácido Bromocloroacético (BCAA).



**DBAA no está
regulado en Uruguay**

US-EPA Haloacetic acids: Dichloroacetic acid (zero); trichloroacetic acid (0.02 mg/L); monochloroacetic acid (0.07mg/L). Maximum Contaminant Level (MCL): 0.060 mg/L HAAs⁵.

Conclusiones.

- Nuestros resultados muestran la importancia de los DBPs no regulados en la evaluación de riesgos durante una emergencia hídrica a largo plazo.
- Nuevas tecnologías y aspectos reglamentarios son necesarios para mitigar la formación de DBPs en escenarios similares.

Algunas reflexiones.

“La tristeza es causada por la inteligencia. Cuanto mas entiendes algunas cosas, mas desearías no comprenderlas”. Charles Bukowski



¿La calidad del agua superficial ha empeorado en relación a 20 años atrás?. ¿Y la de Agua Potable?

¿Qué impacto tienen los CE en la salud en comparación a nuestros hábitos de vida?

¿Si se cumple con las normas de Agua Potable es suficiente para asegurar que el proceso de potabilización es adecuado?

¿Las normas de agua potable deberían adaptarse a los nuevos contaminantes?

¿Dónde se debería enfocar los esfuerzos para reducir los CE?

¿Si los metabolitos son mas tóxicos que los compuestos que lo originan, no deberíamos centrar los esfuerzos en estos ?

¿Qué efectos tienen los CE emergentes en la vida acuática?

Muchas Gracias.

Maria Victoria Ichazo – OSE.
Diego Rodríguez – OSE.
Maria Jose Deambrosis-OSE.
Marcos Colazzo – UTEC.

Paulo Frontera
paulofrontera@gmail.com
Universidad de la Republica
Uruguay.



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



Obras Sanitarias del Estado



CURE
Centro Universitario
Regional del Este



Programa de
Desarrollo de las
Ciencias Básicas

