



VIII ENCUENTRO REGIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ante un mundo en cambio, hacia una Ingeniería Química responsable.

4 al 6 de noviembre,
2025

Contaminantes emergentes, marcos conceptuales y herramientas en el nuevo decreto de calidad de aguas

Ing. Quim., MSc. Gualberto Trelles



Ecotech
laboratorio

Soluciones ConCiencia

Programa

- MARCOS CONCEPTUALES
- GESTIÓN
- CONTAMINANTES PRIORITARIOS
- OTROS TEMAS

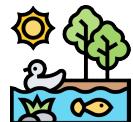


Fuente: SAUVÉ, Lucie. 2004.
http://www.mma.es/portal/secciones/formacion_educacion/reflexiones/2004_11sauve.pdf

Marcos Conceptuales

- 1-Enfoque ecosistémico, de calidad (usos) y salud humana
- 2-Enfoque de los límites planetarios
- 3-Conceptos asociados

1-Enfoque ecosistémico, de calidad (usos) y salud humana



- Conservación, protección, prevención del deterioro , daño, afectación de los ecosistemas acuáticos.



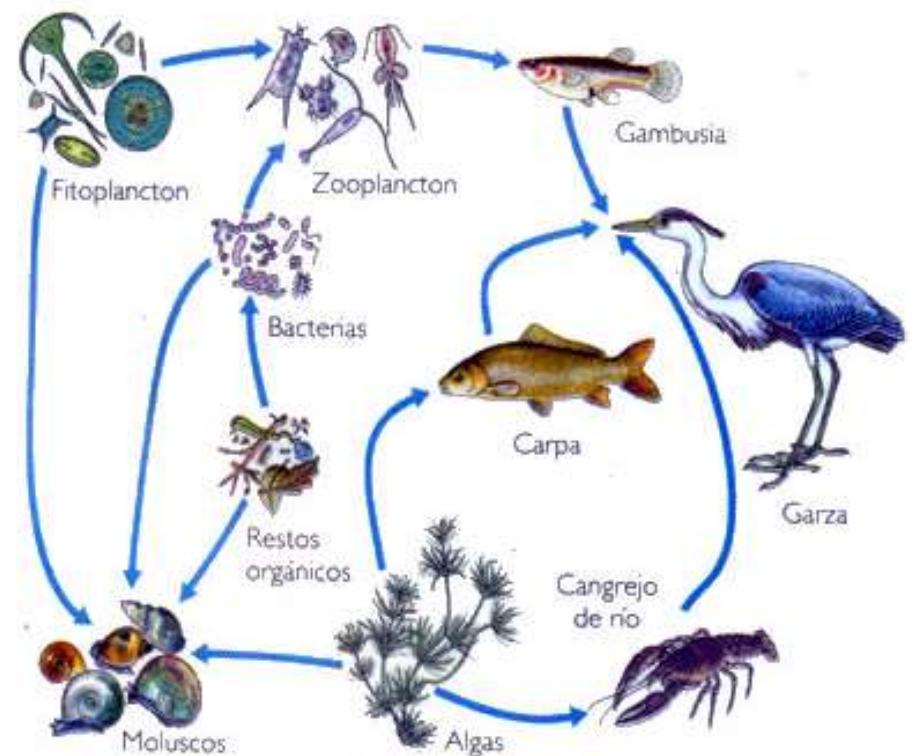
- Acceso al agua de calidad para todos los usos , protegiendo sus usos actuales.



- Protección de la Salud humana

El enfoque de protección de los ecosistemas

- Se basa en mantener la **integridad ecológica** de los cuerpos de agua, considerando sus componentes físicos, químicos y biológicos de manera integrada.
- **Prevención de impactos** antes que la remediación
- Priorización del **manejo sostenible de las cuencas** y la conservación de hábitats naturales.
- Reconoce la interdependencia entre la **calidad del agua, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos** que sostienen la vida humana y ambiental.



El enfoque del uso productivo del agua(calidad)

- La calidad del agua se define como para su **aptitud para el uso** lo que se utiliza como sinónimo de CALIDAD
- Presupone un enfoque **centrado en el lo que el ser humano** considera importante.
- El agua se incorpora al concepto de **gestión o manejo**.



ETAPAS DEL CICLO URBANO DEL AGUA



ETAPAS DEL CICLO AGRICOLA DEL AGUA







60%

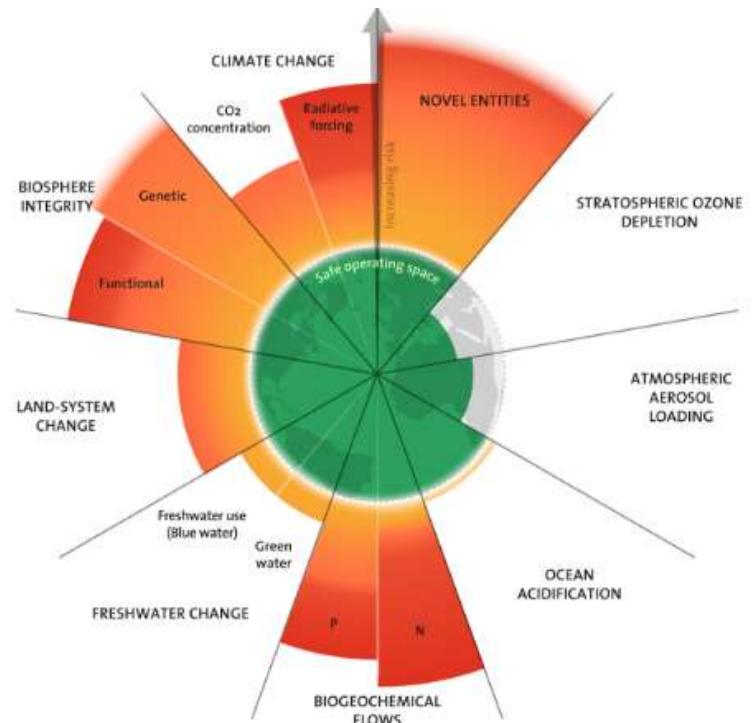
2-Enfoque de los límites planetarios

- El marco de límites planetarios delinea los **sistemas y procesos biofísicos y bioquímicos** que se sabe que regulan el estado del planeta dentro de **rangos** que son históricamente conocidos y científicamente probables para **mantener la estabilidad** del sistema Tierra y **los sistemas de soporte de vida conducentes al bienestar humano y el desarrollo social** experimentados durante el Holoceno.



Los 9 subsistemas identificados. 7 excedidos

- Cambio climático
- Integridad de la biosfera
- Presencia de entidades químicas artificiales (como plásticos y otros contaminantes)
- Capa de ozono estratosférica
- Aerosoles atmosféricos (partículas en la atmósfera)
- Acidificación de los océanos
- Ciclos biogeoquímicos (nitrógeno y fósforo)
- Uso del agua dulce
- Cambio en el uso del suelo



The 2025 update to the Planetary boundaries. Licensed under CC BY-NC-ND 3.0. Credit: "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Sakschewski and Caesar et al. 2025".

3-Conceptos asociados

ENFOQUE DE USO PRODUCTIVO

- Indicadores fisicoquímicos y ecotoxicológicos
- Huella de agua
- Sostenibilidad del recurso
- P en suelo (P Bray)
- Balance de nutrientes en suelo

ENFOQUE ECOLOGICO

- Cursos lénticos y lóticos
- Caudal ambiental
- Ecotoxicidad:Crónica,Aguda,Efectos subletales
- Indicadores biológicos
- Indicadores fisicoquímicos

Gestión

1-Visión de cuenca

2-Prioridades de gestión y P+L

3-Economía circular del agua

4-Evaluación de riesgo ambiental

1-Visión de cuenca

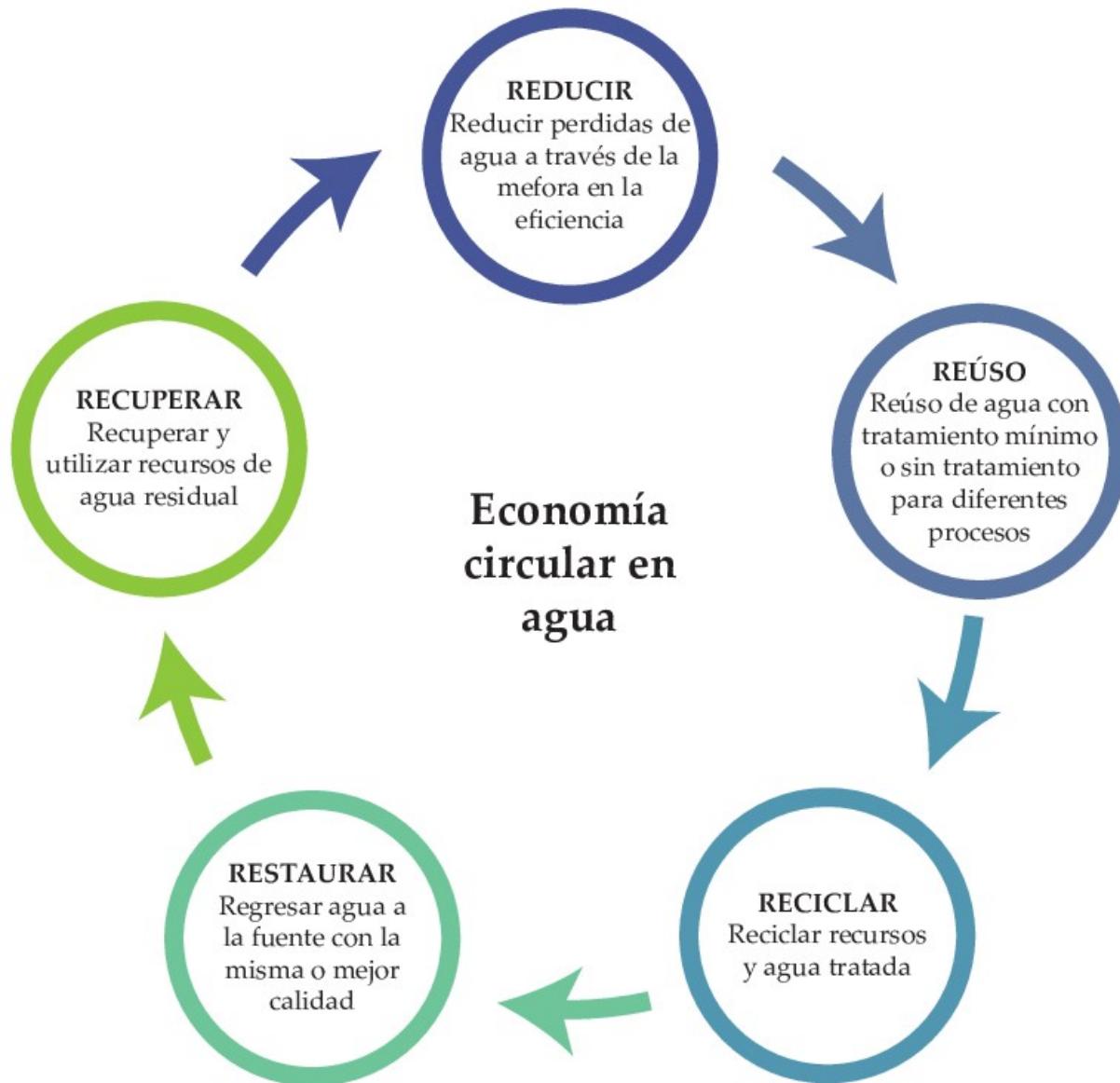
- Ley 18610 de Política Nacional de Aguas establece que la gestión del agua debe ser **democrática, participativa y basada en cuencas**, reconociendo a la comunidad como actor clave.



Cuenca :Area geográfica donde todas las aguas (pluviales, subterráneas, etc.) fluyen hacia un mismo punto de salida, como un río, lago o mar

2-Prioridades de gestión del agua en producción





Evaluación de riesgo ambiental

- Cuando corresponda, para estos contaminantes se usarán metodologías de evaluación de riesgo ambiental (C vs efectos subletales).
- Es un proceso estructurado para estimar la probabilidad de que efectos adversos ecológicos ocurran bajo exposición a sustancias químicas mediante la integración de datos de exposición y datos de efectos biológicos
- **Los efectos subletales** (alteraciones fisiológicas, bioquímicas, comportamentales, de crecimiento, reproducción, etc.) permiten detectar impactos antes de que haya mortalidad franca.
- El reto es hacer una conexión cuantitativa entre la concentración ambiental y el nivel de efecto subletal en especies representativas o centinelas



Contaminantes prioritarios

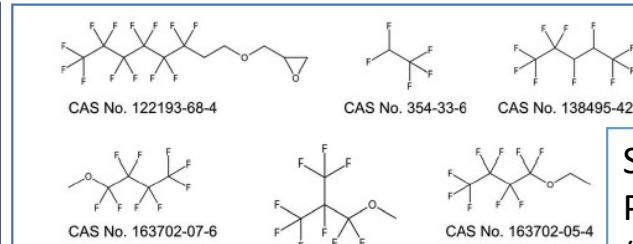
1-Clasificación

2-Contaminantes emergentes

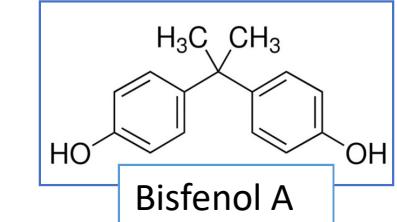
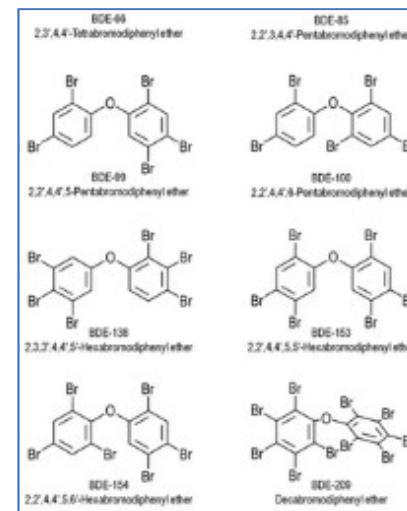
3-Ejemplos

1-Clasificación sustancias tóxicas o contaminantes prioritarios

- Bencenos, etenos, etanos, metanos,fenoles clorados.
- Otros (Por ej. Acrilamida,benceno,HTP por long. de cadena,MTBE,PCB,PFAS.Tolueno,Xileno)
- PAH'S
- Plaguicidas
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/listado-plaguicidas-prioritarios-para-gestion-ambiental>
- Emergentes (Por ej. Antibióticos,Bisfenol A,Analgésicos,Psicofármacos, PBDEs (organobromados),Microplásticos)



Substancias Perfluoroalquiladas (PFAS)



Bisfenol A

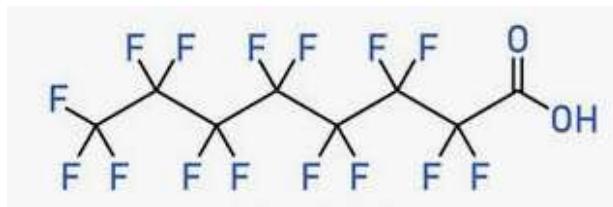
éteres de difenilo polibromados (PBDE)

Ejemplos

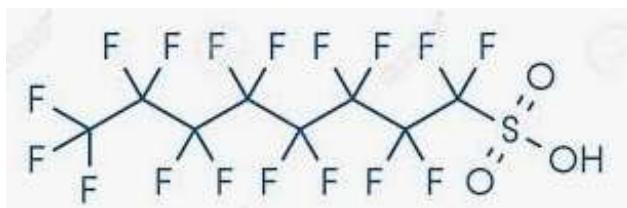
2-Contaminantes emergentes

- Sustancia (o grupo) no controlada o poco monitoreada con presencia creciente en el ambiente (o en agua de consumo/efluentes) con evidencia de efectos adversos potenciales sobre la salud humana o ecosistemas
 - “Emergente” no significa “nuevo químicamente”, sino nuevo en términos de detección, uso, conocimiento del riesgo o ausencia de regulación.
- **Peligrosidad intrínseca**
 - Toxicidad crónica a muy bajas concentraciones (ng- μ g/L).
 - **Disrupción endocrina**, neurotoxicidad, carcinogenicidad, genotoxicidad.
 - Generación de **resistencia antimicrobiana** (p. ej., antibióticos).
2. **Potencial de exposición/riesgo**
 - **Persistencia (P), bioacumulación (B)** y toxicidad (T) .
 - **Movilidad acuática** alta (PMT/vPvM: persistente–móvil–tóxico) .
 - **Ubicuidad y detección frecuente** en matrices ambientales o biota.
 - **Liberación continua y difusa** (e.g., efluentes urbanos, uso doméstico/industrial extendido).
 - **Baja remoción** en plantas de tratamiento convencionales.

PFAS(Substancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas)



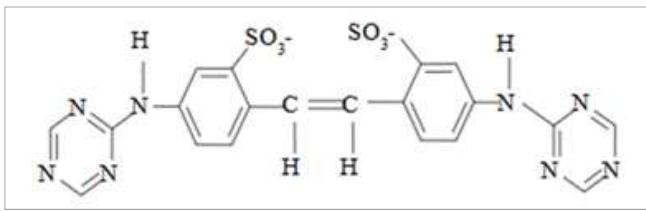
Acido perfluorooctanoico



Sulfonato de prefluorooctano

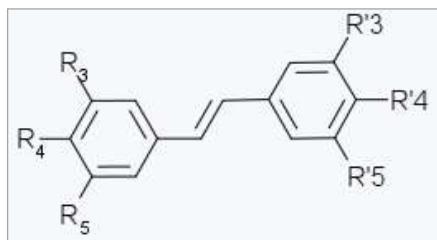
- Se ha utilizado en la polimerización de fluoropolímeros como el teflón, así como en la fabricación de utensilios de cocina antiadherentes, tejidos impermeables, papeles de horno y cajas de pizzas.
- Utilizado como repelente de agua y aceite en textiles, alfombras y papeles impermeables. también como recubrimiento de productos, industria de semiconductores, fotomáscaras y pantallas de cristal líquido y espuma contra incendios

Blanqueadores textiles



triazinilamino-estilbénicos

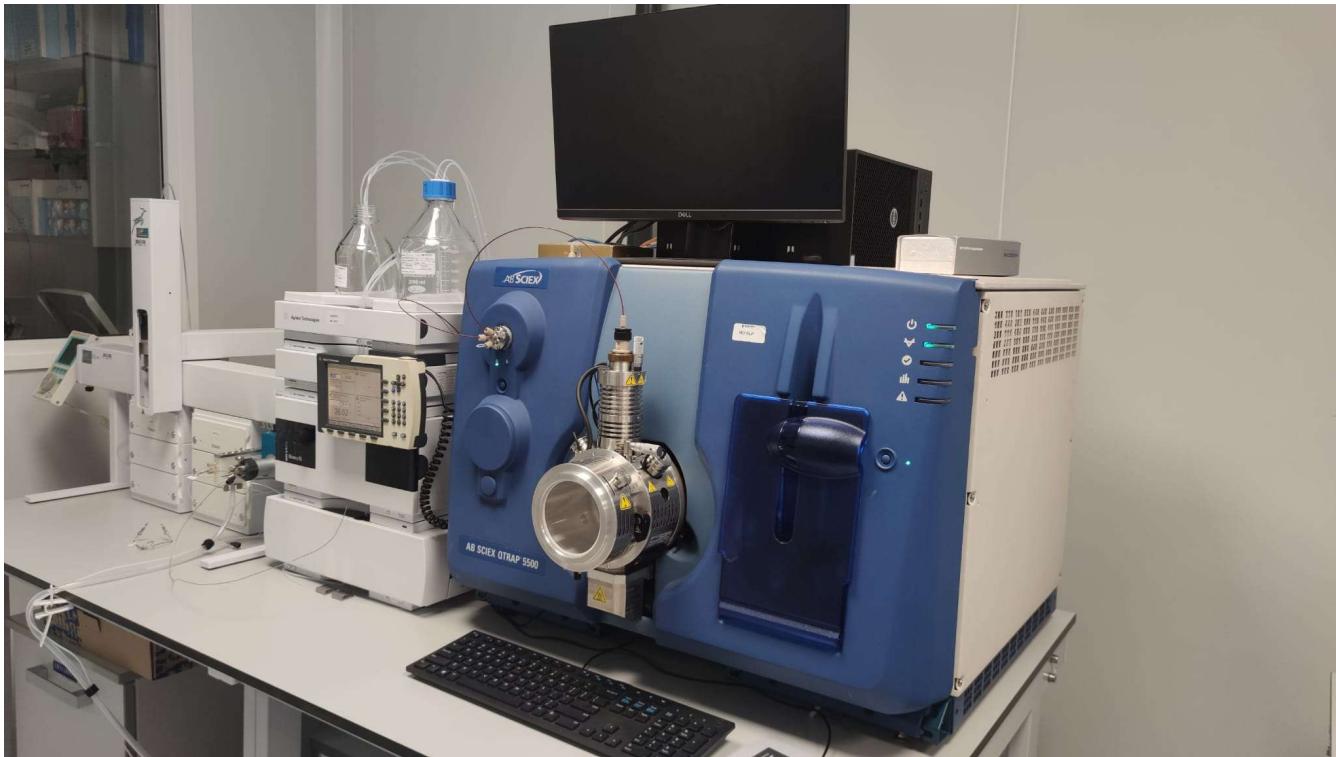
Blanqueador óptico para papel, textiles y otros.



Estilbenos

Tintas y colorantes. Blanqueadores ópticos para textiles y detergentes

Determinación analítica:LC-MS/MS



Microplásticos y nano plásticos

Son partículas compuestas total o parcialmente de polímeros sintéticos capaces de amenazar la calidad del agua y sus ecosistemas y la salud humana.

- Impacto en la vida marina
- Riesgos para la salud humana
- Efectos ecológicos a largo plazo
- Interacción con contaminantes químicos

- polietileno (PE)
- polipropileno (PP)
- tereftalato de polietileno (PET)
- cloruro de polivinilo (PVC)
- nailon (PA)
- poliéster



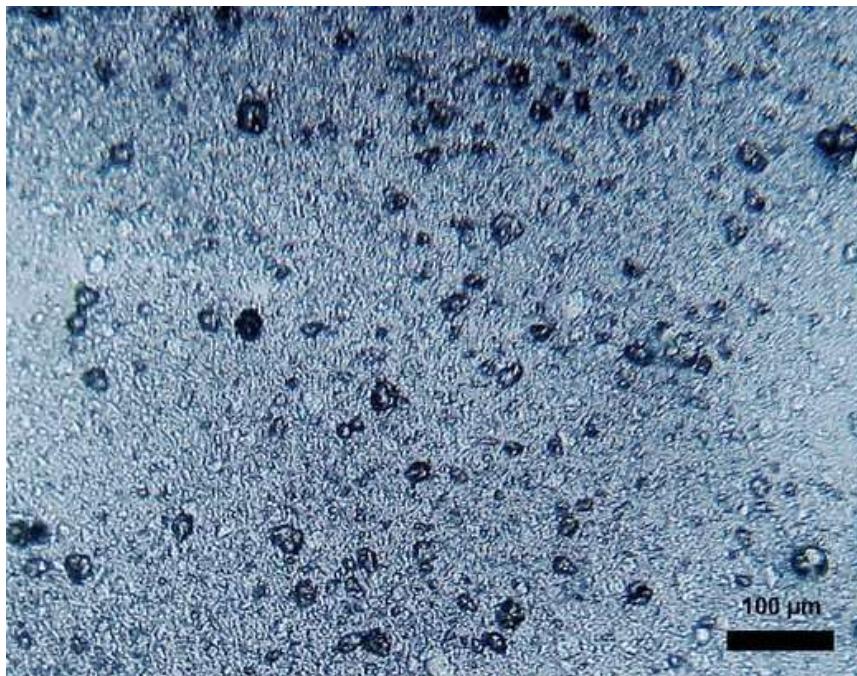
Microplásticos y nano plásticos primarios

Micoperlas, pellets y microfibras principalmente

- Suelen tener tamaños inferiores a los 5mm y se fabrican con fines industriales.
- Las microfibras provienen principalmente de tejidos sintéticos, como el elastano (lycra) o el poliéster, muy presentes en nuestra ropa y son el principal microplástico primario encontrado en los océanos



Microplasticos y nanoplásticos secundarios



- Fragmentos: descomposición de productos plásticos más grandes. Son los más comunes
- Film::son plásticos normalmente de bolsas de plástico, papel film y materiales de embalaje.
- El foam es cualquier tipo de plástico con una textura espumosa (espumas expansivas de poliestireno, polietileno o PVC.

Determinación

- **Espectroscopía infrarroja** por transformada de Fourier con accesorio ATR (ATR-FTIR): permite una identificación rápida de aquellas partículas de microplástico de mayor tamaño, comparando el espectro obtenido de la muestra con librerías.
- **Desorción Termica Directa (TD) – Cromatografía de gases (GC-MS):** esta técnica nos permite separar y analizar los compuestos procedentes de la fragmentación térmica de polímeros presentes en las muestras. Permite una identificación y cuantificación precisa de cantidades muy pequeñas de microplásticos en una variedad de matrices.

Otros temas

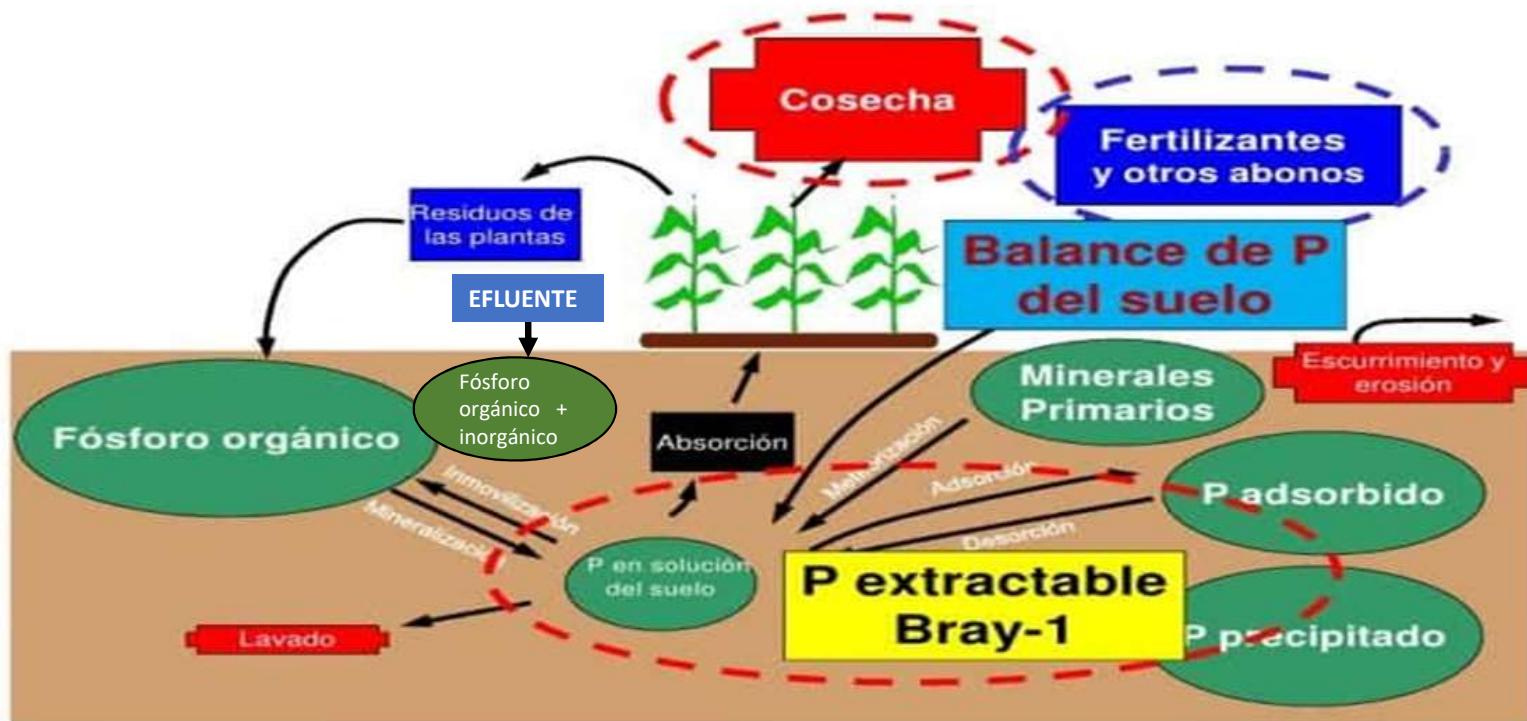
1.Fósforo,agua,suelo

2-Toxicidad aguda

3-Cianotoxinas

4-Huella de agua

1-Fósforo en suelo: P total y P Bray 1

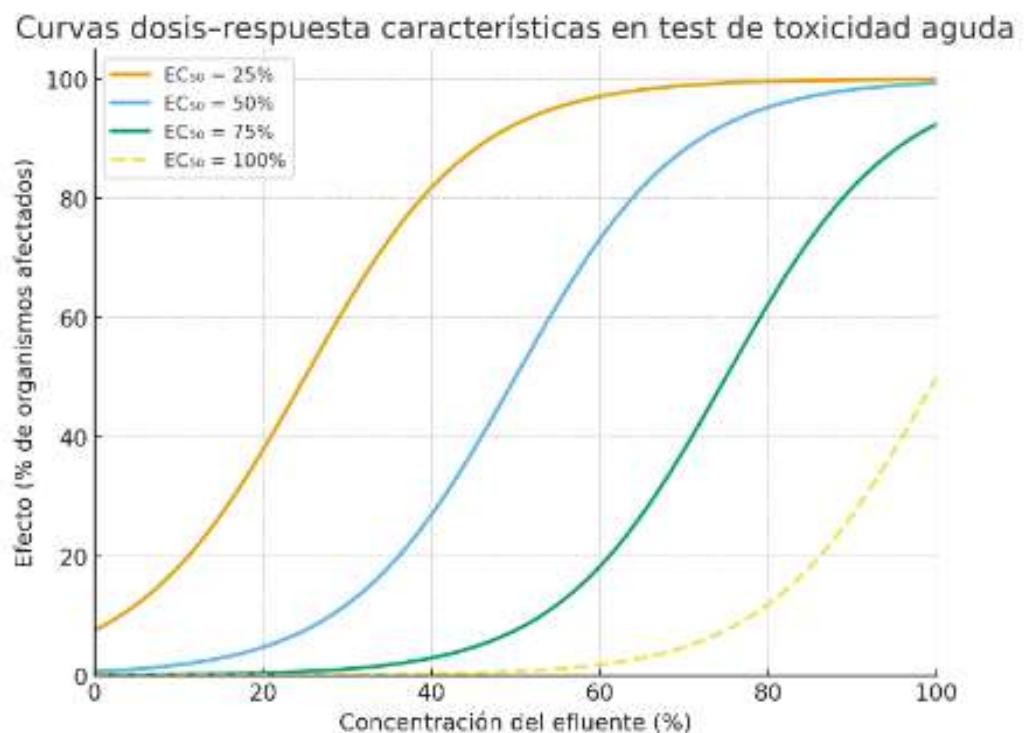


P total: Extracción con HNO_3 concentrado a 180°C horno microondas

P Bray: Extracción con NH_4F a $\text{pH } 2,6$ y 200 agitaciones por minuto (reciprocante)

2-Ecotoxicidad

- Establézcase como valor límite para la toxicidad aguda un valor de LC50 o EC50 mayor o igual al 75%.
- El LC50 o EC50 corresponde a la concentración del efluente, expresada en porcentaje, que dentro del período de tiempo de duración del ensayo, causa un efecto en el 50% de la población expuesta.
- Se expresa como LC50 cuando el efecto es la letalidad y como EC50 cuando se trata de un efecto subletal



3-CIANOTOXINAS

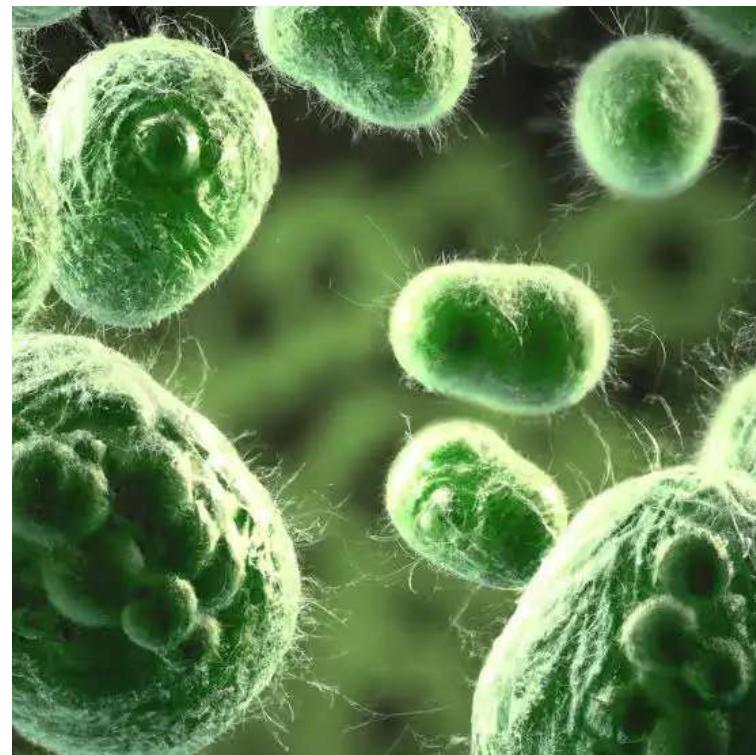
Microcistina LR/RR/YR

Saxitoxina

Cilindroespermosina

Anatoxina-A

Nodularina



4-Huella de agua

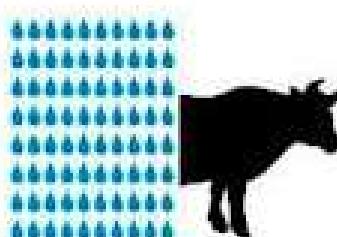
- Las metodologías de cálculo más utilizadas para el análisis de la huella hídrica permiten realizar :
- Contabilización del volumen (huella hídrica verde, azul y gris)
- Impacto del uso de agua bajo el concepto de ciclo de vida.
- En el año 2009 se publicó el manual de la Water Footprint Network (WFN) y ISO14046: 2014- Principios, requisitos y guía de la huella hídrica.



Se Necesitan



Litros de agua para producir 500 gramos de maíz



Litros de agua para un bistec de 300 gramos



Litros de agua para producir 500 gramos de queso.



Litros de agua para producir una manzana



Litros de agua para un solo huevo



Litros de agua para una bolsa de frituras



Litros de agua para una botella de vino



Litros de agua para producir una jarra de café

Infografía adoptada por www.facebook.com/CambiaTuVidioCambiaTuPlaneta



Litros de agua para producir una naranja



Litros de agua para producir 500 gramos de pan



Litros de agua para un filete de 300 gramos de pollo



Litros de agua para un filete de 300 gramos de cerdo



Litros de agua para producir 500 gramos de arroz



Litros de agua para una taza de 750 ml. de té



Litros de agua para una botella de 500 ml. de cerveza



Litros de agua para producir 500 gramos de trigo



Litros de agua para un litro de leche



Litros de agua para producir 300 gramos de filete de cordero

¡¡GRACIAS!!

Documento técnico completo en Linkedin Ecotech
<https://n9.cl/j1orb>

