

# Bienvenidos al seminario



## **Dominando el análisis de las parafinas cloradas: Desde el muestreo hasta los procedimientos de análisis estándar**

Dr. Óscar Mendo Díaz

Laboratorios Suizos para la Ciencia de los Materiales y Tecnología (Empa)

**Localización:** Universidad Austral

**Fechas:** 26 y 27 de Noviembre, 2025

# Introducción personal



Óscar Mendo Díaz  
Español viviendo en Suiza  
Doctor en ciencias naturales  
Especialización: Química analítica

- Científico:
- *Análisis de plásticos*
  - *LC-APCI-Orbitrap*



- Científico – Relaciones públicas:
- *Transferencia de conocimiento*
  - *LC-ESI-MS/MS*
  - *LC-APCI-ToF-IonMobility*
  - *GC-ECNI-Orbitrap*

06/2021

Ahora

Tesis del máster:

- *Análisis de lodos de depuradora*
- *LC-APCI-Orbitrap*



Tesis del doctorado:

- *Desarrollo de métodos analíticos e ingeniería de software para la caracterización de parafinas cloradas*
- *Matrices ambientales y plásticas*
- *LC-APCI-Orbitrap*



**CP-Hunter**



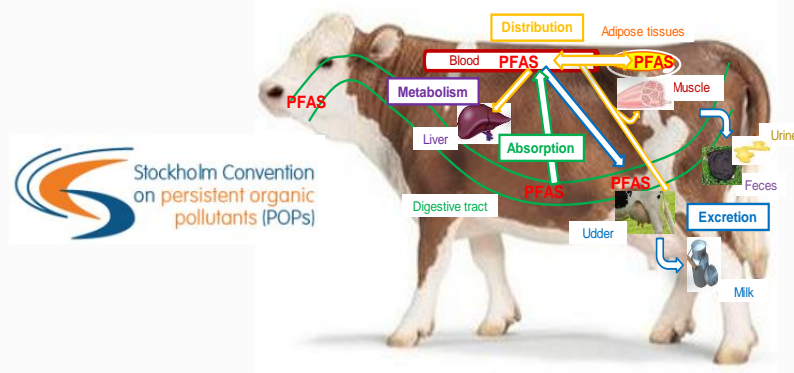
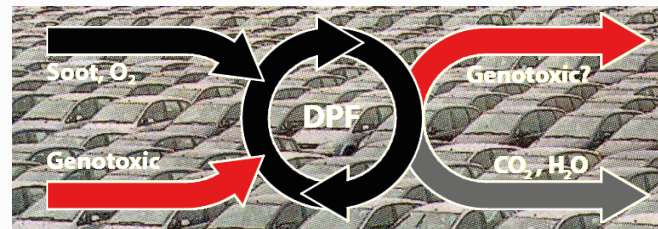
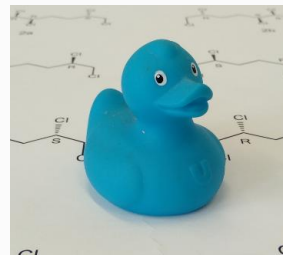
**Fingerprint**



# Empa, el lugar donde la innovación comienza



- Laboratorios Suizos para la Ciencia de los Materiales y Tecnología
- Departamento: **Centro analítico**
- **Contaminantes peligrosos en los materiales**
  - Parafinas cloradas, retardantes de fuego y plastificantes
- **Contaminantes peligrosos procedentes de procesos**
  - Contaminantes de motores y procesos de reciclaje
- **Contaminantes peligrosos en las cadenas alimentarias**
  - Transferencia de bifenilos policlorados (*PCB*) en animales
  - Contaminantes orgánicos persistentes regulados por el Convenio de Estocolmo



# Resumen del seminario



- 1) Fortalecer la capacidad técnica y científica en América Latina para el análisis independiente de parafinas cloradas
- 2) Fomentar la conciencia regional acerca de las parafinas cloradas
- 3) Incrementar el impacto científico reforzando los vínculos entre la comunidad científica y los organismos reguladores

## Transferencia de conocimiento (teórico y práctico)

Fundamentos

Analitos y matrices

Extracción/  
purificación

Métodos analíticos

Cromatografía

Espectrometría de masas

Resolución de problemas

Herramientas virtuales

Procesamiento de datos

Análisis cualitativo

Procedimiento de operación estándar

Análisis cuantitativo

# Resumen del seminario



- 1) Fortalecer la capacidad técnica y científica en América Latina para el análisis independiente de parafinas cloradas
- 2) Fomentar la conciencia regional acerca de las parafinas cloradas
- 3) Incrementar el impacto científico reforzando los vínculos entre la comunidad científica y los organismos reguladores

## Transferencia de conocimiento (teórico)

Naciones Unidas –  
Programa Medioambiental

Convenio de  
Estocolmo

Comité de Examen de los  
Contaminantes Orgánicos  
Persistentes (COPs)

Conferencia  
de las Partes

Marco regulatorio de  
las parafinas cloradas

Cadena corta  
(PCCCs)

Cadena mediana  
(PCCMs)

Esfuerzos  
regulatorios  
regionales

Estrategia  
europea

# Origen y motivación del seminario



## Percepción del análisis

- *"Es demasiado **difícil** y **complejo**"*
- Desmotivación del personal
- Reducción del esfuerzo



## Tecnología disponible

- Capacidades analíticas distintas
- **Desconocimiento** de los métodos analíticos



## Consecuencias globales

- La falta de datos y de evidencia científica sólida
- Regulaciones basadas en desconocimiento con **vacíos legales**



## Momento clave

- **Nuevas normativas** aprobadas en **Mayo 2025**
- Momento para aprender y adaptarse





# Claves para seguir el seminario



## Matrices



## Extracciones

Materia orgánica

Materia inorgánica

## Purificaciones

Precipitación

Fraccionamiento

## Cromatografía

Gases

Líquidos

## Espectrometría de masas

Fuente de ionización: ECNI, APCI, ESI

Analizador de masas: Cuadrupolo, ToF o Orbitrap

1 ¿Qué matriz te interesa?

2 ¿Cuáles son tus recursos?

3 Escoge lo que te sirva

4 Compromiso con la tecnología implica resultados comprometidos



## Procesamiento de datos

Escaneo completo

Monitoreo individual de iones

Manual

Automático

## Análisis cualitativo

Grupo de isótopos

Grupos congéneres

Huellas dactilares

## Análisis cuantitativo

Deconvolución de patrones

Factores de respuesta

# Claves para seguir el seminario



Materia inorgánica

Precipitación

Fraccionamiento

APCI

Líquidos

Orbitrap

Escaneo completo

Grupo de isótopos

Grupos congéneres

Factores de respuesta

Automático

Huellas dactilares

1 ¿Qué matriz te interesa?

2 ¿Cuáles son tus recursos?

3 Escoge lo que te sirva

4 Compromiso con la tecnología  
implica resultados comprometidos

# Equipo central



**Empa**

Materials Science and Technology



**CRBAS**

Centro Regional Basilea  
para América del Sur



**INTI**

Instituto  
Nacional  
de Tecnología  
Industrial



**UNITED NATIONS**



Óscar Mendo Díaz



Alberto Santos Capra



María Jimena Etcheverry



Kei Ohno Woodall



Maria del Mar Peralta

## Presentadores científicos



- **Óscar Mendo Díaz**
- Laboratorios Suizos para la Ciencia de los Materiales y Tecnología (Empa, Suiza)
- **Especialización:** Plásticos y muestras ambientales con instrumentación de baja y alta resolución y desarrollo de software para procesar datos



# Empa

Materials Science and Technology



- **Yago Guida**
- Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ, Brasil)
- **Especialización:** Soluciones estándar, plásticos, muestras ambientales y animales silvestres con instrumentación de baja y alta resolución



**UFRJ**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO

## Presentadores científicos



- **Kerstin Krätschmer**
- Investigación sobre seguridad alimentaria en Wageningen (WFSR, Países Bajos)
- **Especialización:** Alimentos procesados con instrumentación de alta resolución y preparación del laboratorio de referencia



- **Bo Yuan**
- Universidad de Ciencia y Tecnología de Noruega (NTNU, Noruega)
- **Especialización:** Muestras ambientales con instrumentación de alta resolución y desarrollo de software para procesar datos



# Presentadores de cuerpos regulatorios



- **Karina Miglioranza**
- Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina)
- **Especialización:** Marco regulatorio de las parafinas cloradas en Argentina y América Latina



- **Kei Ohno Woodall**
- Organización de las Naciones Unidas (ONU, Suiza)
- **Especialización:** Marco regulatorio global de las parafinas cloradas



- **Ignacio González Rodríguez**
- Agencia Europea de Productos Químicos (ECHA, Finlandia)
- **Especialización:** Marco regulatorio de las parafinas cloradas en la Unión Europea



# Agenda del Miércoles 26 – Mañana (día teórico)



<b>Hora (UCT-3)</b>	<b>Contribución</b>	<b>Ponente</b>
08:30 – 09:00	<b>Registro en la recepción</b>	
09:00 – 09:20	Bienvenidos al seminario	Belén Aliciardi Alberto Santos Capra
09:20 – 10:00	Contenido del seminario y fundamentos de las parafinas cloradas	Óscar Mendo Díaz
10:00 – 10:15	Esfuerzos regulatorios en América Latina	Karina Miglioranza
10:15 – 10:45	<b>Pausa de café y networking</b>	
10:45 – 11:30	Estrategias analíticas y herramientas virtuales para el análisis de parafinas cloradas. Aplicaciones en plásticos y muestras medioambientales	Óscar Mendo Díaz
11:30 – 12:15	Desarrollo de inventarios nacionales de parafinas cloradas: desafíos y aportes del análisis químico	Yago Guida
12:15 – 13:15	<b>Pausa para almorzar</b>	
[...]	[...]	[...]

# Agenda del Miércoles 26 – Tarde (día teórico)



<b>Hora (UCT-3)</b>	<b>Contribución</b>	<b>Ponente</b>
12:15 – 13:15	<b>Pausa para almorzar</b>	
13:15 – 14:00	Métodos para cuantificar las parafinas cloradas	Bo Yuan
14:00 – 14:45	Análisis de parafinas cloradas en comida y el Laboratorio de Referencia de Europa	Kerstin Krätschmer
14:45 – 15:15	De la ciencia a la regulación: Gestión de las parafinas cloradas de cadena corta y mediana bajo el Convenio de Estocolmo y avance en la evaluación de nuevos contaminantes persistentes orgánicos	Kei Ohno Woodall
15:15 – 15:45	<b>Pausa de café y networking</b>	
15:45 – 16:00	Parafinas cloradas – Proceso regulatorio en la Unión Europea	Ignacio González Rodríguez
16:00 – 16:05	<b>Notas sobre el Día 1 e información sobre el Día 2</b>	Óscar Mendo Díaz

# Agenda del Jueves 27 (día práctico)



Hora (UCT-3)	Contribución	Ponente
08:30 – 09:00	<b>Registro en la recepción</b>	
09:00 – 10:30	Extracción de datos originales y su evaluación con CP-Hunter	Óscar Mendo Díaz
10:30 – 11:00	<b>Pausa de café y networking</b>	
11:00 – 12:00	Análisis cualitativo de grupos congéneres	Óscar Mendo Díaz
12:00 – 13:00	Método de Fingerprint, informe y ejercicios adicionales	Óscar Mendo Díaz
13:00 – 14:00	<b>Pausa para almorzar</b>	
14:00 – 15:00	Detección y cuantificación de PCs por monitoreo de iones seleccionados (GC-MS)	Yago Guida
15:00 – 15:50	Cuantificación de PCs (LC-MS/MS)	Yago Guida
15:50 – 16:00	Notas finales del seminario	Óscar Mendo Díaz
16:00	<b>Fin del seminario</b>	

# Agradecimientos y patrocinador del seminario

- Equipo central
- INTI y Universidad Austral
- Presentadores:
  - Karina Miglioranza
  - Yago Guida
  - Bo Yuan
  - Kerstin Krätschmer
  - Kei Ohno Woodall
  - Ignacio González Rodríguez
- Equipo de audiovisual, traducción y catering
- Seminario financiado por el programa medioambiental de las Naciones Unidas



**UFRJ**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO DE JANEIRO



# Información práctica

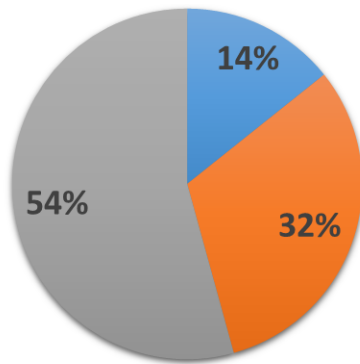


- **Pausas:**
  - Servicio de catering
  - Network
- **Descargas disponibles:**
  - Presentaciones sobre las prácticas
  - Material didáctico del Jueves (**importante**)
- **Respetar agenda debido a los ponentes europeos**
- **Pautas de participación:**
  - **Presencial:** Ronda de preguntas tras cada presentación y durante las pausas de café
  - **Online:** Preguntas escritas en el chat privado o enviadas por correo electrónico
- **Información de contacto disponible**
  - Ámbito científico
  - Ámbito regulatorio

# Resultados de la encuesta

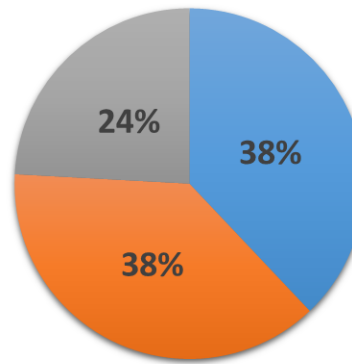


### Matrices de interés



■ Comida ■ Plastico ■ Medioambiental

### Temas técnicos de interés

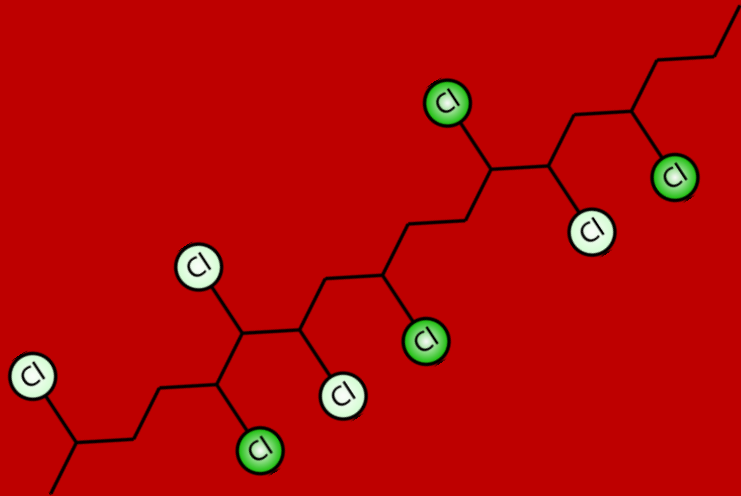


■ Preparacion de la muestra ■ Metodo analitico ■ Cual./Cuant.



**Empa**

Materials Science and Technology



## Parafinas cloradas: Conceptos fundamentales, propiedades y criterios de contaminantes orgánicos persistentes.

Dr. Óscar Mendo Díaz

Laboratorios Suizos para la Ciencia de los Materiales y Tecnología (Empa)

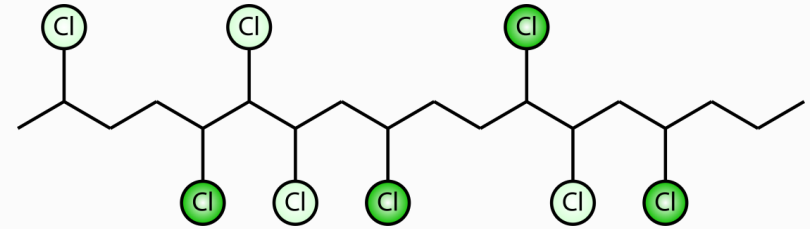
**Localización:** Universidad Austral

**Fechas:** 26 y 27 de Noviembre, 2025

# Índice



- Conceptos fundamentales de las parafinas cloradas
  - Clasificación legal
  - Mezclas de parafinas cloradas
  - Nomenclatura de grupos congéneres y porcentaje de cloro
- Propiedades físico-químicas y aplicaciones en la industria
- Contaminantes orgánicos persistentes (COPs)
  - Persistencia, bioacumulación, transporte de larga distancia y toxicidad
  - Rutas de exposición



# De materiales producidos a posibles desastres medio ambientales



## Producción



- **Producido (in)-intencionadamente**
- Etiquetado o no

## Contaminación



- Distribuido/desechado
- **Economía circular** (reciclaje)



~ 20 AÑOS

# Clasificación de las parafinas cloradas (PCs)<sup>1</sup>



## Inglés

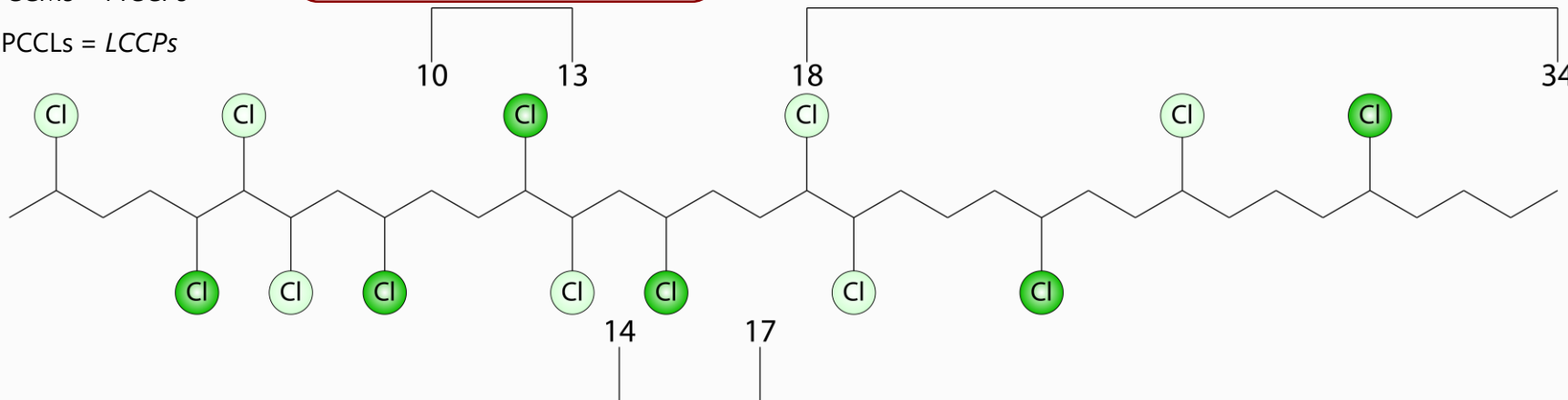
PCCCs = SCCPs

PCCMs = MCCPs

PCCLs = LCCPs

COPs: 2017<sup>2</sup>  
Stockholm Convention on persistent organic pollutants (POPs)  
**PCs de cadena corta (PCCCs)**

**PCs de cadena larga (PCCLs)**



**PCs de cadena media (PCCMs)**



COPs: 2025<sup>3</sup>

Basado en la longitud de la cadena de carbono, el porcentaje de cloro y grupos congéneres

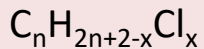
- Contenido típico de cloro: 30 – 70% m/m
- Contaminantes orgánicos persistentes (COPs)

<sup>1</sup>) De Boer, Springer, 2010, ISBN: 978-3-642-10760-3

<sup>2</sup>) Decisión SC-8/11, Convenio de Estocolmo, Programa Medioambiental de las Naciones Unidas, 2017

<sup>3</sup>) Decisión SC-12/10, Convenio de Estocolmo, Programa Medioambiental de las Naciones Unidas, 2025

# Mezclas de PCs



$$n = 9 - 34$$

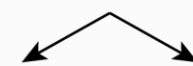
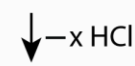
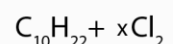
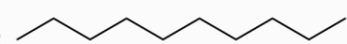
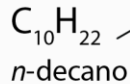
$$x = 1 - 16$$



Millones de estereoisómeros



Materia prima



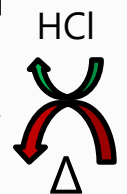
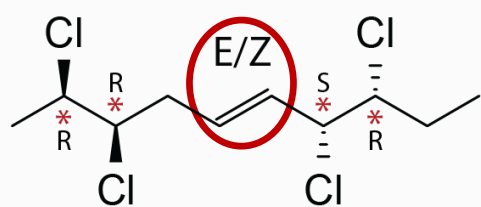
Grupos congéneres ( $C_n Cl_x$ )



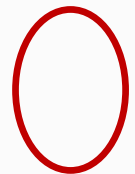
Isómero constitucional



Olefinas cloradas (mono-, di- o tri-)



Estereoisómero ( $n = 2^*$ )

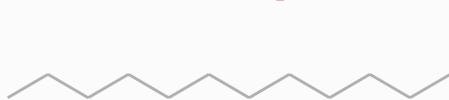


# Etiquetado confuso de parafinas cloradas<sup>1</sup>

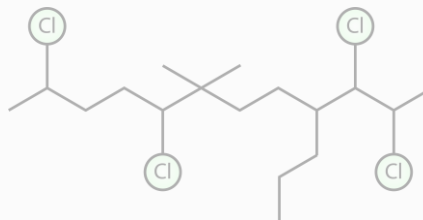


Chlorafins  
Chlorowaxes  
Chlorocosanes  
Cereclor  
Flexchlor  
Arubren

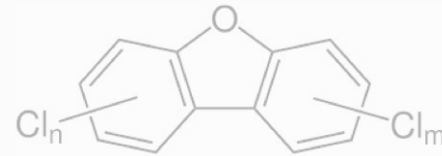
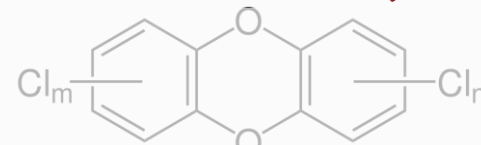
●  
●  
●  
**69**



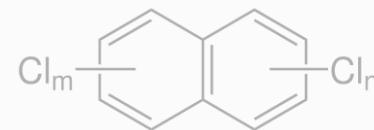
Alcanos sin reaccionar



Cadenas iso- o ramificadas policloradas



Dibenzo-p-dioxinas o furanos policlorados



Naftalenos policlorados

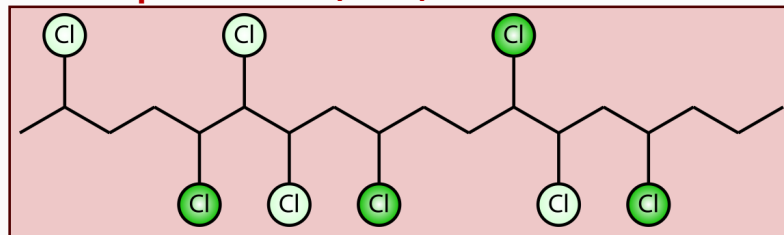
Grupos congéneres

Isómeros constitucionales

Estereoisómeros

Olefinas cloradas

## Alcanos policlorados (APCs)<sup>2</sup>



C<sub>10-13</sub>: 85535-84-8

C<sub>14-17</sub>: 85535-85-9

C<sub>18-28</sub>: 85535-86-0

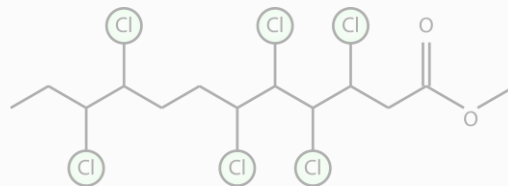
**C<sub>12-13</sub>**: 71011-12-6

**C<sub>12-14</sub>**: 85536-22-7

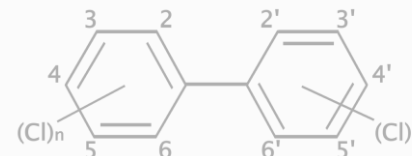
**C<sub>6-18</sub>**: 68920-70-7

Parafinas cloradas: 63449-39-8

2,3,4,5,7,8-Hexaclorodecano: 108171-26-2



Ésteres metílicos de ácidos grasos clorados



Bifenilos policlorados

<sup>1</sup> PubChem database

<sup>2</sup> Fernandes, A. R., et al, *TrAC*, **2023** (<https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117363>)

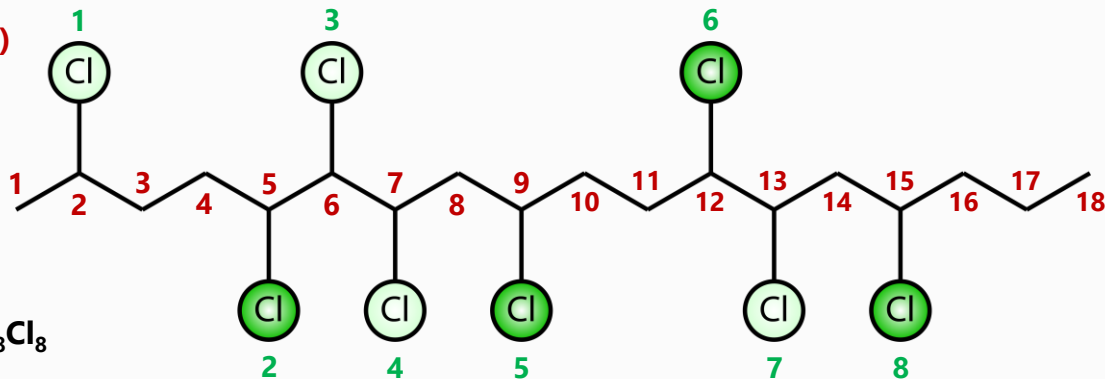
# Nomenclatura de grupos congéneres y porcentaje de cloro



- Longitud de la cadena o **número de carbonos (n)**

- Grado de cloración o **número de cloros (x)**

- Grupos congéneres ( $C_nH_{2n+2-x}Cl_x$ ):  $C_{18}H_{30}Cl_8 \rightarrow C_{18}Cl_8$



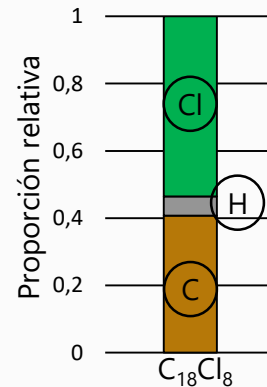
Elemento	Masa (u)
Carbono (C)	12.0
Hidrógeno (H)	1.0
Cloro (Cl)	35.5

- 18 Carbonos x 12.0 = 216 u

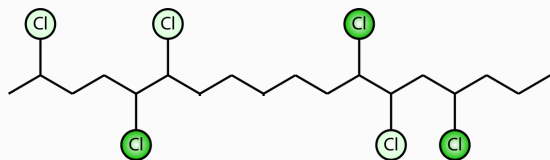
- 30 Hidrógenos x 1.0 = 30 u

- 8 Cloros x 35.5 = 284 u

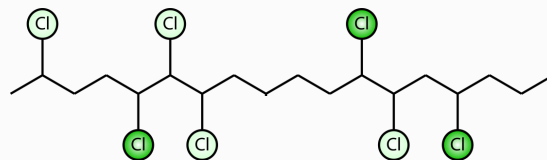
$$\% \text{ Cl m/m} = \frac{284}{216+30+284} \times 100 = 53.6\%$$



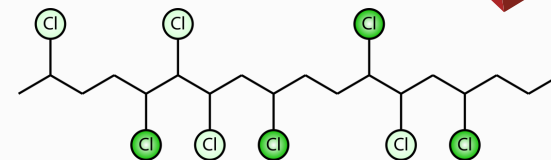
# Porcentajes de cloro en mezclas



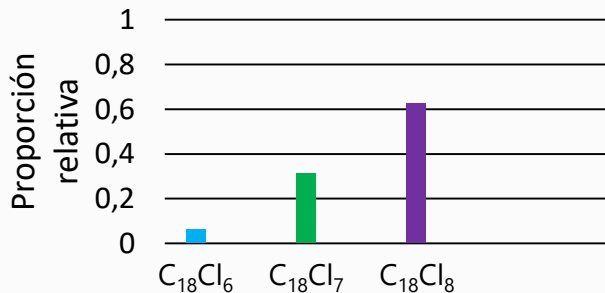
$$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{Cl}_6 \rightarrow \% \text{ Cl m/m} = 46.2\%$$



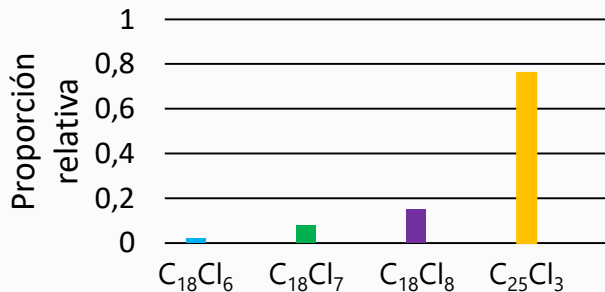
$$\text{C}_{18}\text{H}_{31}\text{Cl}_7 \rightarrow \% \text{ Cl m/m} = 50.2\%$$



$$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{Cl}_8 \rightarrow \% \text{ Cl m/m} = 53.6\%$$



$$\% \text{ Cl } \frac{m}{m} = (0.06 \times 46.2) + (0.3 \times 50.2) + (0.63 \times 53.6) = 52.0\%$$



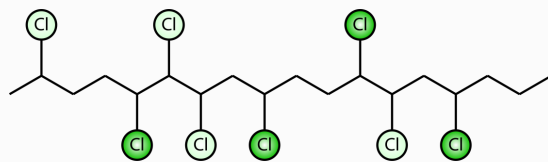
Ajuste del porcentaje de cloro para legalizar productos tóxicos

$$\% \text{ Cl } \frac{m}{m} = (0.77 \times 46.2) + (0.19 \times 50.2) + (0.04 \times 53.6) + (0.76 \times 23.4) = 30.3\%$$

# Cálculo del porcentaje de cloro en mezclas desconocidas



## Industria



$$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{Cl}_8 \rightarrow \% \text{ Cl m/m} = 53.6\%$$

## Laboratorio

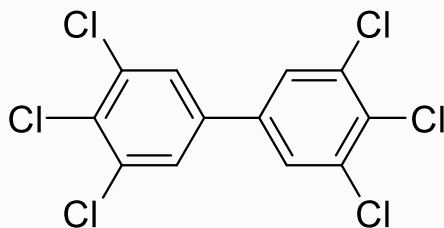


### Índice de refracción:

- Desvío de la luz al pasar por un compuesto (medio)
- Cualquier molécula** que contenga cloro
- Método **barato y no específico** para las PCs

### Espectrometría de masas ("balanza de átomos"):

- Ratio entre la masa (m) y carga iónica (z)
- m/z** → masa/carga
- Distintas moléculas ( $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z$ ) tienen distintos ratio **m/z**
- Método **caro y específico** para las PCs



$$(z = +1)$$

$$m/z: 357.84$$

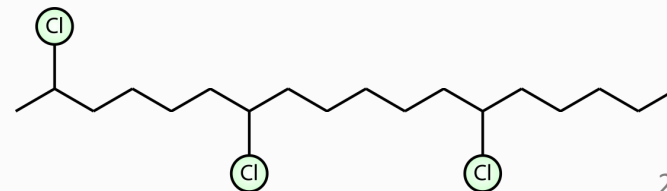
$$\% \text{ Cl m/m} = 74\%$$



$$(z = -1)$$

$$m/z: 391.15$$

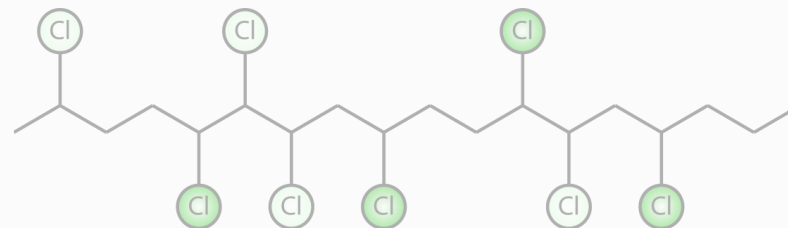
$$\% \text{ Cl m/m} = 30\%$$



# Índice



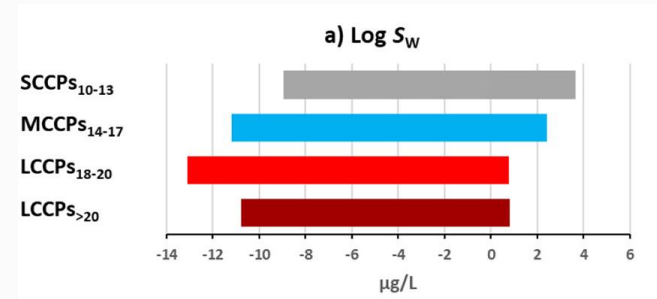
- Conceptos fundamentales de las parafinas cloradas
  - Clasificación legal
  - Mezclas de parafinas cloradas
  - Nomenclatura de grupos congéneres y porcentaje de cloro
- Propiedades físico-químicas y aplicaciones en la industria
- Contaminantes orgánicos persistentes (COPs)
  - Persistencia, bioacumulación, transporte de larga distancia y toxicidad
  - Rutas de exposición



# Propiedades físico-químicas de las PCs



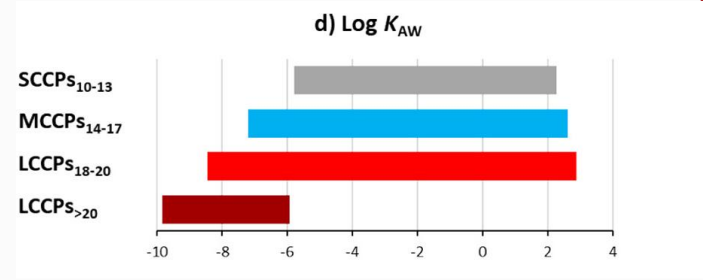
- Solubilidad en agua ( $S_w$ ):
  - **Poco soluble**
  - Disminuye con el número de carbono
  - Aumenta con el número de cloro



# Propiedades físico-químicas de las PCs

- Coeficiente de partición Aire-Agua ( $K_{AW}$ ):
  - **Log  $K_{AW} < 1$**
  - Preferencia por el **medio líquido**

$$K_{AW} = \frac{[PC]_{aire}}{[PC]_{agua}}$$



# Del material multifuncional al contaminante omnipresente



Ignífugo



Productos de consumo plástico



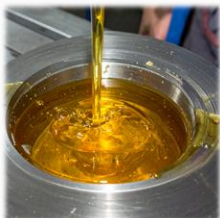
Plastificante



Embalaje en la industria alimentaria



Lubricante y sellador



Maquinaria pesada



## La salud de uno (*One-Health*)

Aire, suelo, agua, animales salvajes y humanos

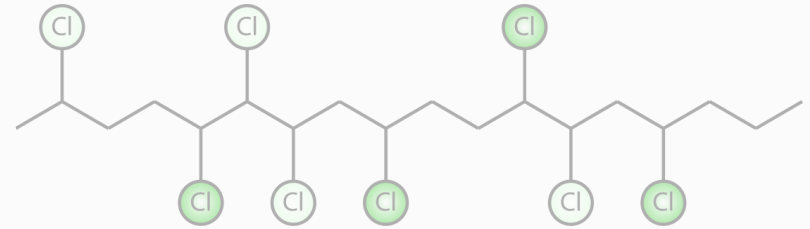




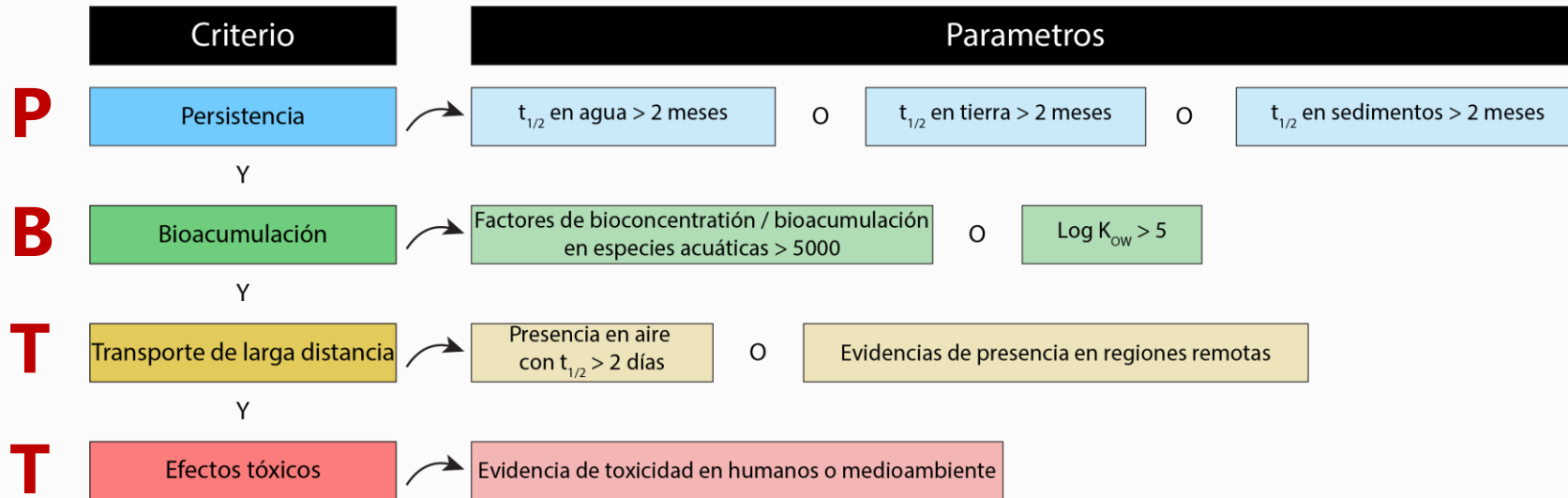
# Índice



- Conceptos fundamentales de las parafinas cloradas
  - Clasificación legal
  - Mezclas de parafinas cloradas
  - Nomenclatura de grupos congéneres y porcentaje de cloro
- Propiedades físico-químicas y aplicaciones en la industria
- Contaminantes orgánicos persistentes (COPs)
  - Persistencia, bioacumulación, transporte de larga distancia y toxicidad
  - Rutas de exposición



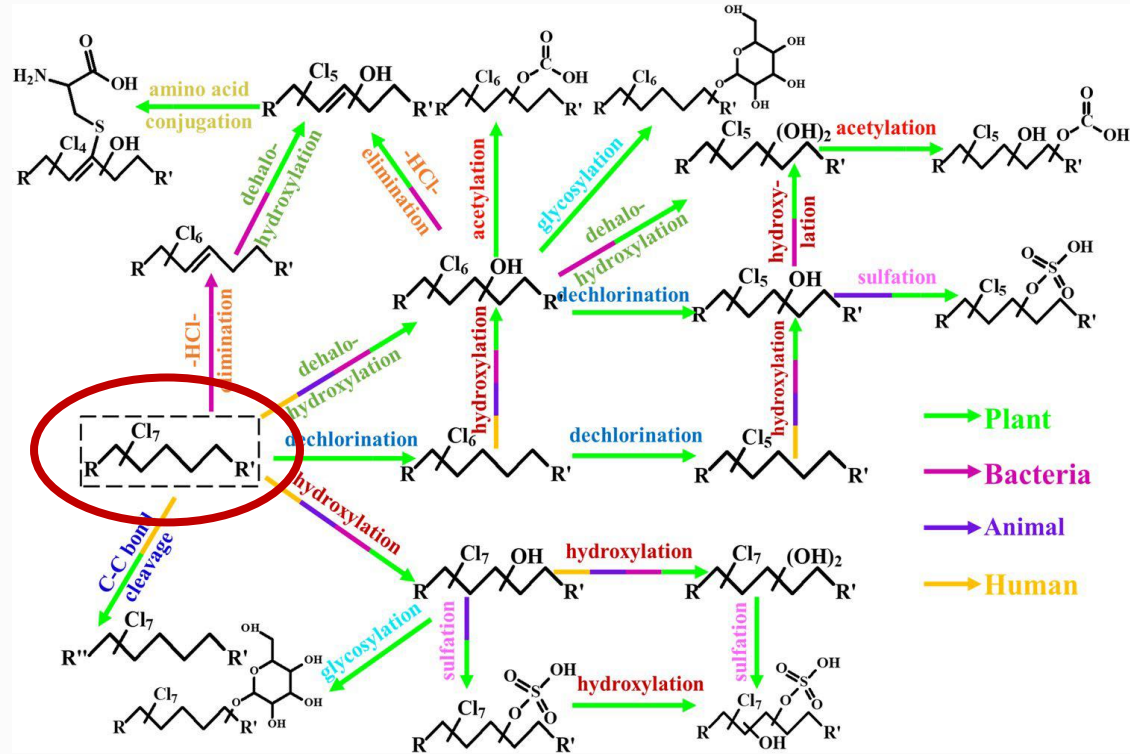
# Criterios para ser un contaminante orgánico persistente



# Persistencia de las PCs



- **Transformación o degradación** del compuesto
- ¿El nuevo compuesto es más o menos PBTT?



**Velocidad de reacción: segundos o años?**

# Potencial de bioacumulación de las PCs



---

<b>Criterio de bioacumulación</b>	<b>Coefficiente de partición octanol/agua (Log <math>K_{OW}</math>)<sup>1</sup></b>
<b>Tipo de PCs</b>	<b>Log <math>K_{OW}</math> &gt; 5</b>
<b>Cadena corta (C<sub>10</sub>–C<sub>13</sub>)</b>	~4.5 – 8.5
<b>Cadena media (C<sub>14</sub>–C<sub>17</sub>)</b>	~6.0 – 11.0
<b>Cadena larga (C<sub>&gt;17</sub>)</b>	~8.0 – 18.0

---

Valores limitados y aproximados ( $\pm 0.2$ ) debido a dificultades analíticas asociadas a mezclas complejas.

1) Chen, W., et al. *Critical Rev. Environ. Sci. Technol.*, **2023** (<https://doi.org/10.1080/10643389.2023.2246615>)

2) Pan, H., et al *Environmental Pollution*, **2025** (<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.127187>)

# Potencial de bioacumulación de las PCs



<b>Criterio de bioacumulación</b>	<b>Coefficiente de partición octanol/agua (Log <math>K_{OW}</math>)<sup>1</sup></b>	<b>Factor de bioacumulación (Log <math>BAF</math>)<sup>1</sup></b>
<b>Tipo de PCs</b>	<b>Log <math>K_{OW}</math> &gt; 5</b>	<b>Log <math>BAF</math> &gt; 3</b>
<b>Cadena corta (C<sub>10</sub>–C<sub>13</sub>)</b>	~4.5 – 8.5	~3.5 – 7.0
<b>Cadena media (C<sub>14</sub>–C<sub>17</sub>)</b>	~6.0 – 11.0	~6.0 – 7.0
<b>Cadena larga (C<sub>&gt;17</sub>)</b>	~8.0 – 18.0	< ~3.5

Valores limitados y aproximados ( $\pm 0.2$ ) debido a dificultades analíticas asociadas a mezclas complejas.

Factor de bioacumulación: acumulación de la sustancia dentro del organismo.

1) Chen, W., et al. *Critical Rev. Environ. Sci. Technol.*, **2023** (<https://doi.org/10.1080/10643389.2023.2246615>)

2) Pan, H., et al. *Environmental Pollution*, **2025** (<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.127187>)

# Potencial de bioacumulación de las PCs



<b>Criterio de bioacumulación</b>	<b>Coefficiente de partición octanol/agua (Log <math>K_{OW}</math>)<sup>1</sup></b>	<b>Factor de bioacumulación (Log <math>BAF</math>)<sup>1</sup></b>	<b>Factor de biomagnificación (Log <math>BMF</math>)<sup>2</sup></b>
<b>Tipo de PCs</b>	<b>Log <math>K_{OW} &gt; 5</math></b>	<b>Log <math>BAF &gt; 3</math></b>	<b>Log <math>BMF &gt; 1</math></b>
<b>Cadena corta (C<sub>10</sub>–C<sub>13</sub>)</b>	~4.5 – 8.5	~3.5 – 7.0	~1.7 – 3.5
<b>Cadena media (C<sub>14</sub>–C<sub>17</sub>)</b>	~6.0 – 11.0	~6.0 – 7.0	~1.8 – 8.7
<b>Cadena larga (C<sub>&gt;17</sub>)</b>	~8.0 – 18.0	< ~3.5	~1.7 – 1.8

Valores limitados y aproximados ( $\pm 0.2$ ) debido a dificultades analíticas asociadas a mezclas complejas.

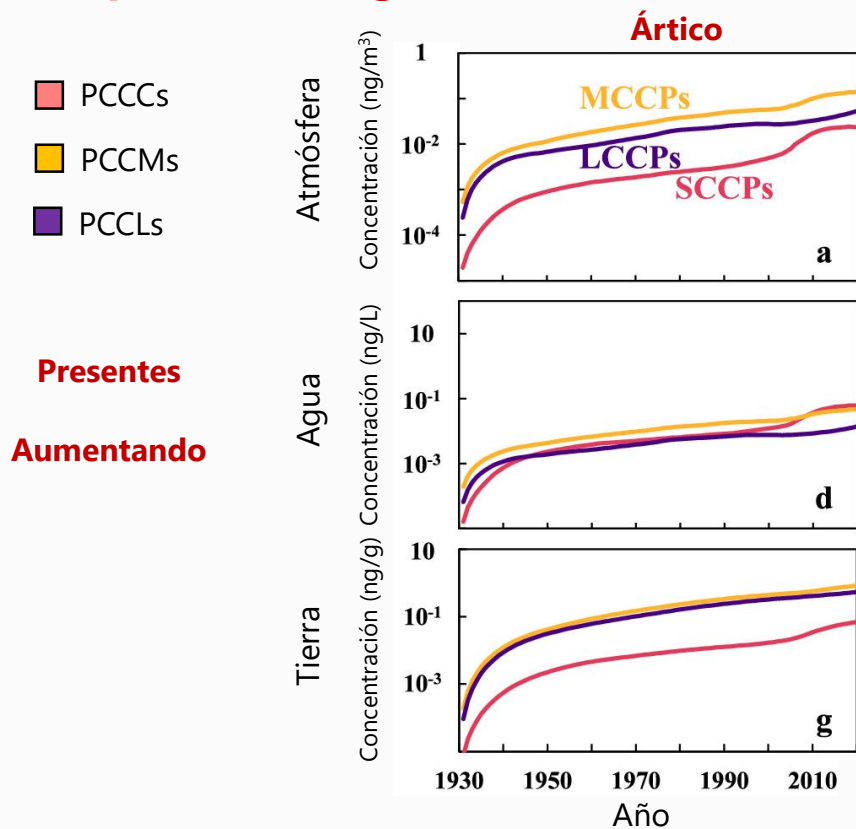
Factor de bioacumulación: acumulación de la sustancia dentro del organismo.

Factor de biomagnificación: mecanismo de concentración dentro del organismo (alimentación).

1) Chen, W., et al. *Critical Rev. Environ. Sci. Technol.*, **2023** (<https://doi.org/10.1080/10643389.2023.2246615>)

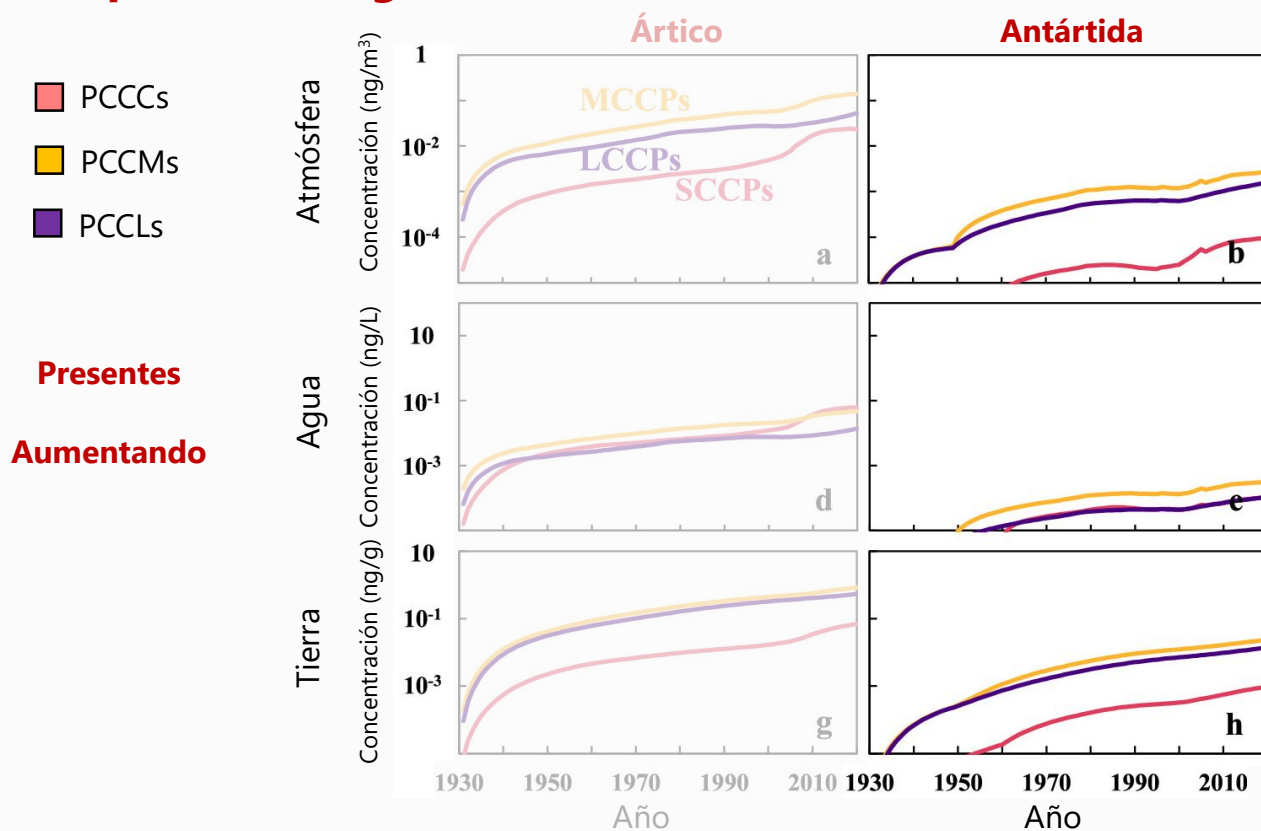
2) Pan, H., et al *Environmental Pollution*, **2025** (<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.127187>)

# Transporte de larga distancia de las PCs



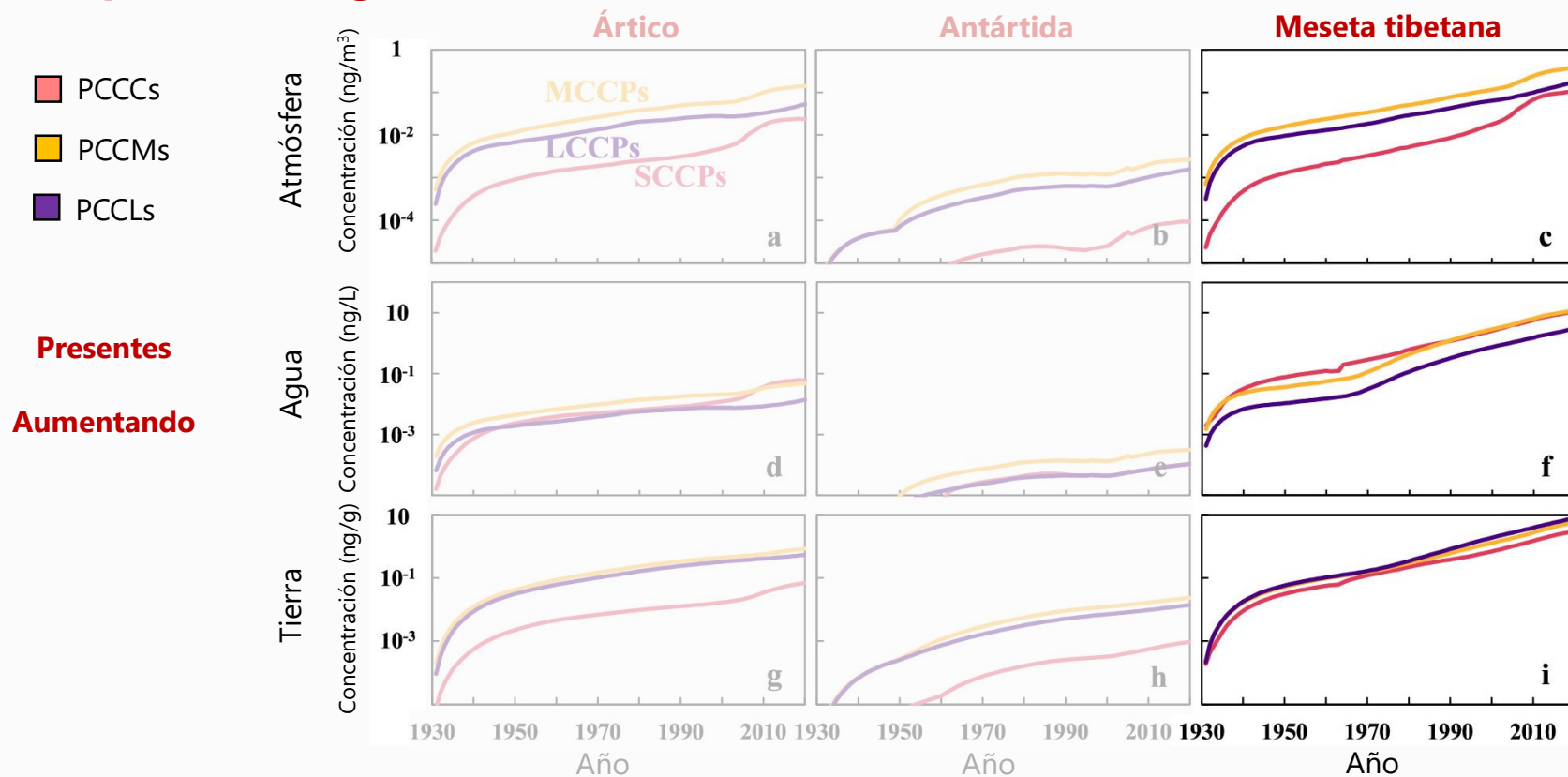
\*Valores Estimados con el modelo BETR-Global

# Transporte de larga distancia de las PCs



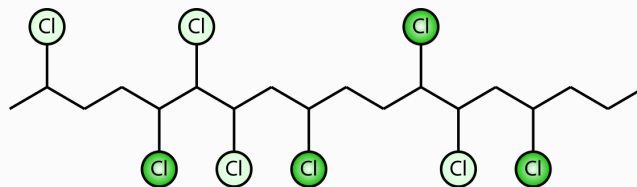
\*Valores Estimados con el modelo BETR-Global

# Transporte de larga distancia de las PCs



\*Valores Estimados con el modelo BETR-Global

# Toxicidad de las PCs en perspectiva



---

## Parafinas cloradas (PCCs y PCCMs)

### Mecanismo de toxicidad

Disruptor endocrino

---

### Efecto en la salud

Hormonas tiroideas (T3-T4-TSH) en **ratas**<sup>1</sup>

Hormona reproductiva (estradiol) **in vitro**<sup>2</sup>

---

### Toxicidad aguda (LD<sub>50</sub>, g/kg de peso en ratas, oral)

**4–20**<sup>3</sup>

---

1) Cheng L., et al, *Environmental Science & Technology*, **2024** (<https://doi.org/10.1021/acs.est.4c01341>)

2) Melchioris, M., et al, *Toxicology and Applied Pharmacology*, **2024** (<https://doi.org/10.1016/j.taap.2024.116843>)

3) Risk Assessment of chlorinated paraffins in feed and food, *EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain*, **2020** (<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5991>)

4) Hallgren, S., *Toxicology*, **2002** ([https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(02\)00222-6](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(02)00222-6))

5) Svobodova, K., et al, *Science of the Total Environment*, **2009** (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.011>)

6) Decision guidance documents Polychlorinated Biphenyls, United Nations Environmental Programme, **1992** ([https://www.pic.int/Portals/5/DGDs/DGD\\_PCB\\_EN.pdf](https://www.pic.int/Portals/5/DGDs/DGD_PCB_EN.pdf))

# Rutas de exposición



## Entrada al cuerpo humano

Ingesta de comida o plástico



Inhalación



Absorción dermatológica



# Rutas de exposición



## Entrada al cuerpo humano

Ingesta de comida o plástico



Inhalación



Absorción dermatológica



## Vías y medios ambientales

Aire, tierra y agua



Cadena alimentaria



# Rutas de exposición



## Entrada al cuerpo humano

Ingesta de comida o plástico



Inhalación



Absorción dermatológica



## Vías y medios ambientales

Aire, tierra y agua



Cadena alimentaria



## Escenarios de exposición especiales

Industria, vertedero y depuradoras de agua



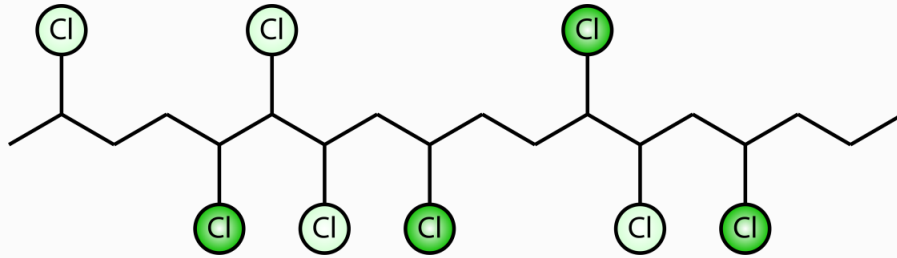
Embarazo y lactancia



Partículas en espacios cerrados



# Conclusiones



- Las parafinas cloradas son **mezclas** de decenas de **grupos congéneres** ( $C_nCl_x$ ) y millones de **estereoisómeros**
- De composición **desconocida**
- Producidas en masa y ampliamente utilizadas como **aditivos de plásticos**



- Persistentes, bioacumulativas, con potencial de ser transportadas largas distancias y tóxicas
- Presentes en plásticos de consumo diario, comida, maquinaria pesada, aire, agua, tierra, humanos y animales



# Gracias por su atención

## ¿Preguntas?

