

MOVIMIENTO, EFECTOS Y EVALUACIÓN DE CONTAMINANTES AMBIENTALES Y NORMATIVA AMBIENTAL DEL AGUA EN CHILE



Javiera De la Paz M.
Bióloga Ambiental
Magíster en Ciencias Biológicas
Universidad de Chile
jdelapaz@codeciam.org

Concéptos básicos: Contaminación

¿Que es la contaminación?

El aumento de cualquier agente de tipo químico, físico o biológico en cantidades y periodos de tiempo que permiten un impacto negativo a los organismos y/o el medioambiente



Tipos de contaminación biológica



Contaminación de alimentos por MO

Eutroficación



Especies invasoras



Conceptos básicos: Toxicidad

1. ¿Que son las sustancias tóxicas?
2. Son éstos elementos tóxicos?



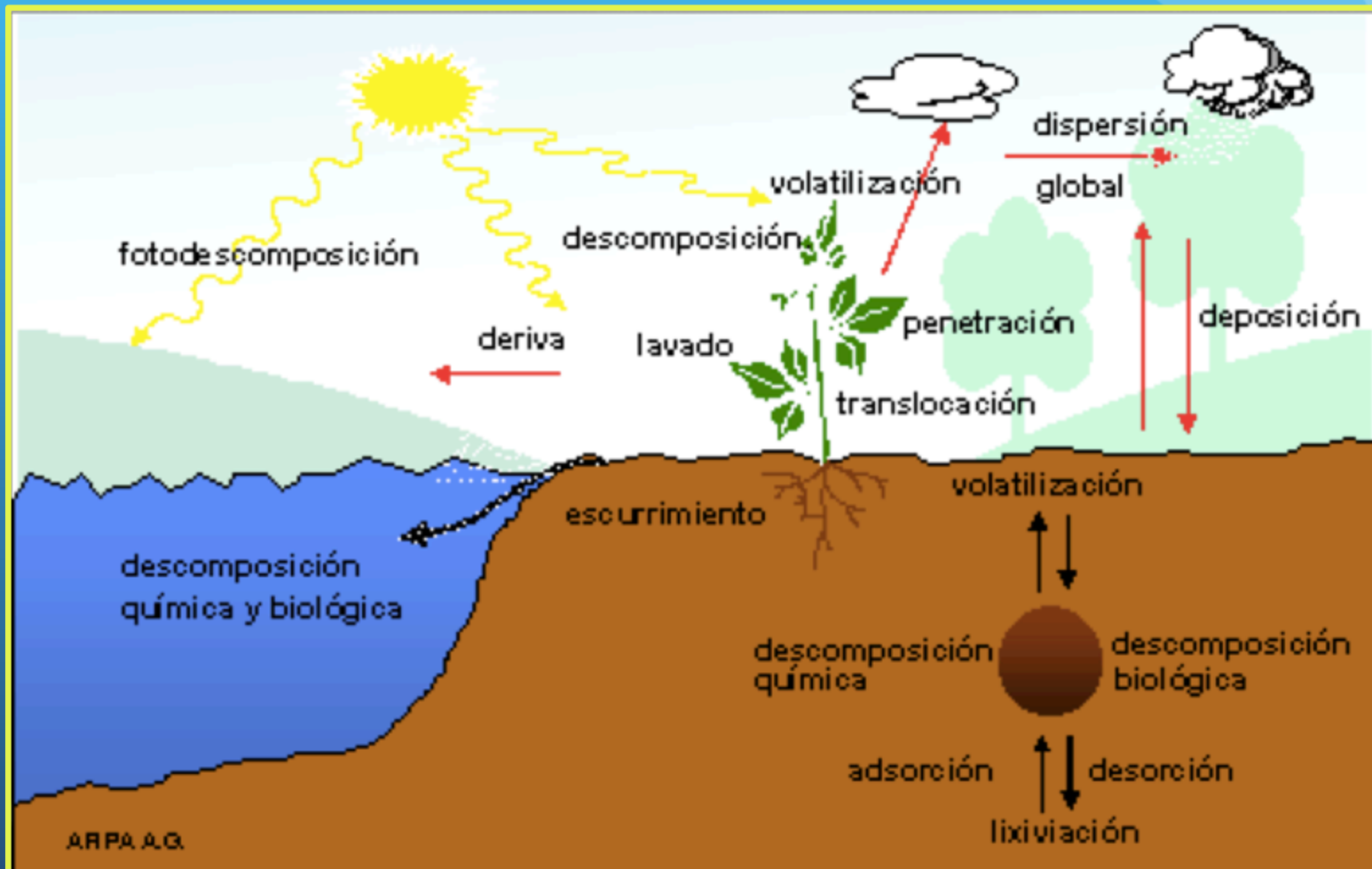
“La dosis hace el veneno”

Organismo: edad, tamaño, género, etc.

Ambiente: clima, solubilidad, cantidad-concentración, etc.



Dispersión de contaminantes en el ambiente



Dispersión de contaminantes en el ambiente

**Variables
ambientales**

**Naturaleza
química**

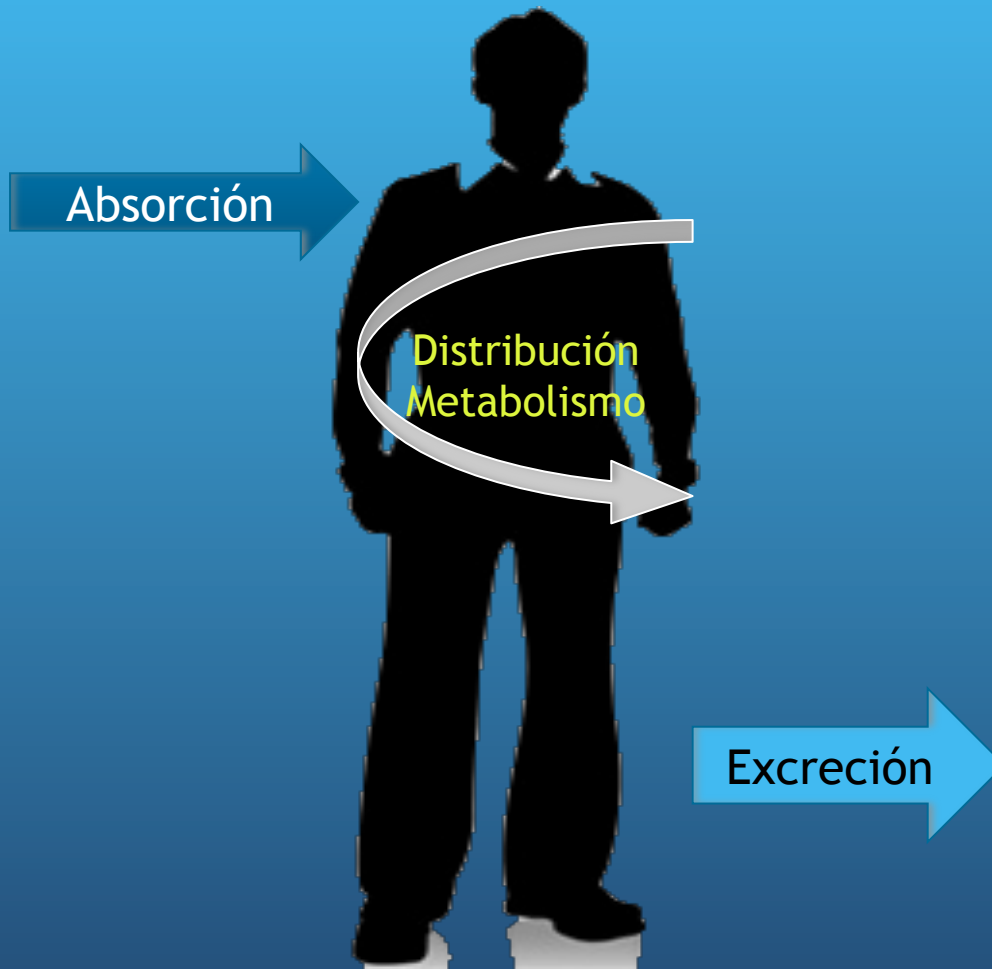
**Cantidad y
Fuente**



**Hidrosolubles
vs
Liposolubles**

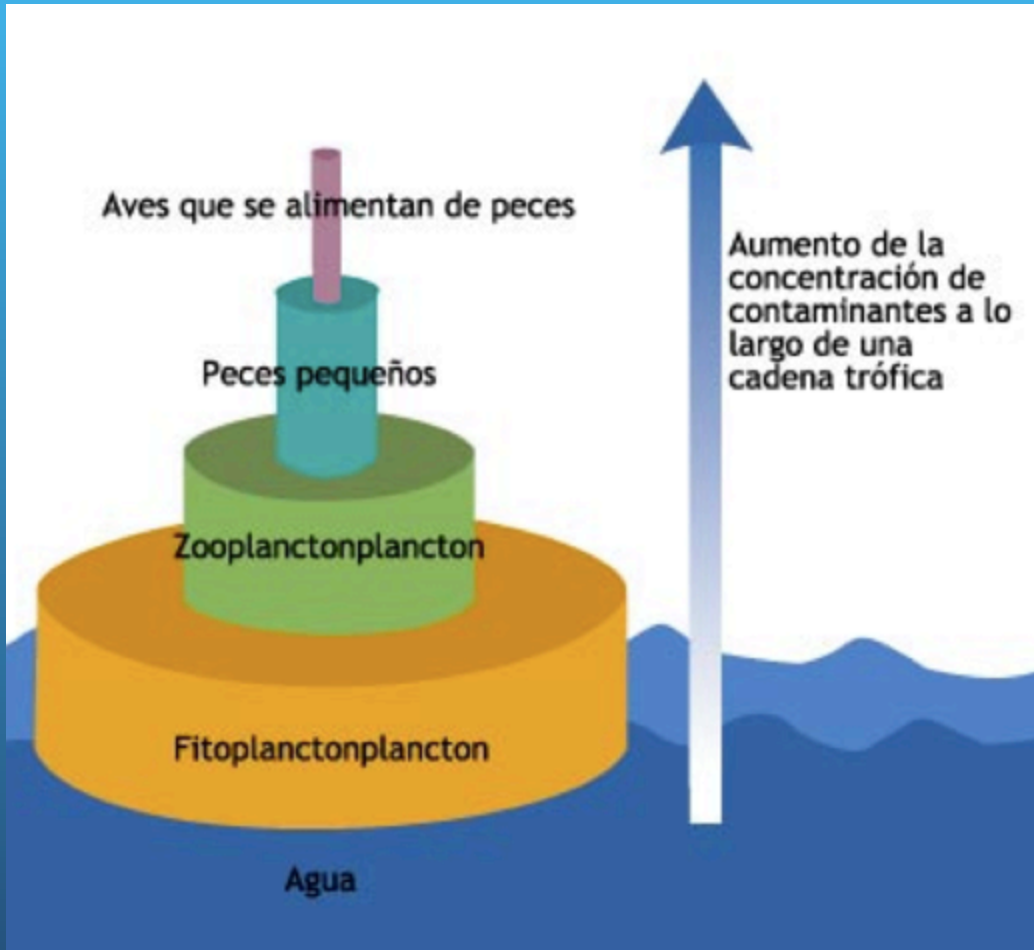
**Recalcitrantes
Vs
Biodegradables**

Movimiento de los contaminantes en los seres vivos: Tóxicocinética



Los compuestos que el cuerpo no puede eliminar, se acumulan en el organismo (bioacumulación), aumentando su concentración a medida que la exposición continúa.

Los contaminantes se traspasan entre los organismos a través de las redes tróficas

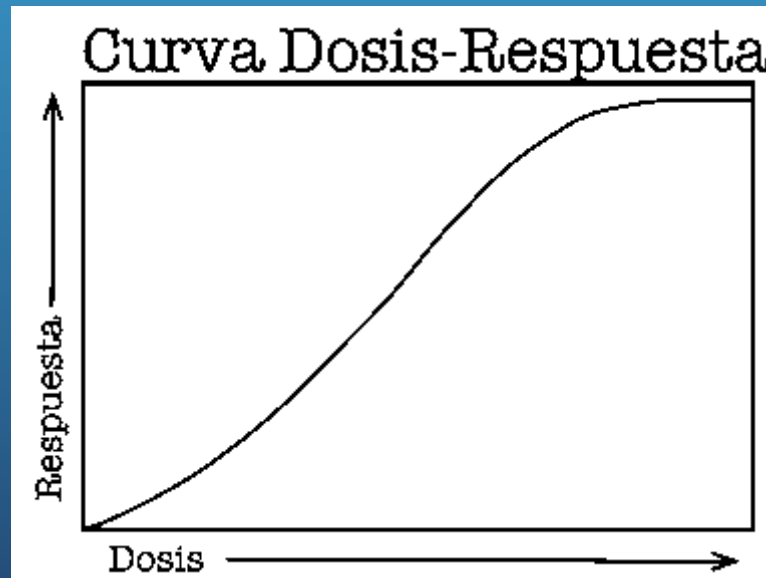


Bioacumulación; la acumulación de sustancias en el organismo, cuando se absorbe más de lo que se elimina.

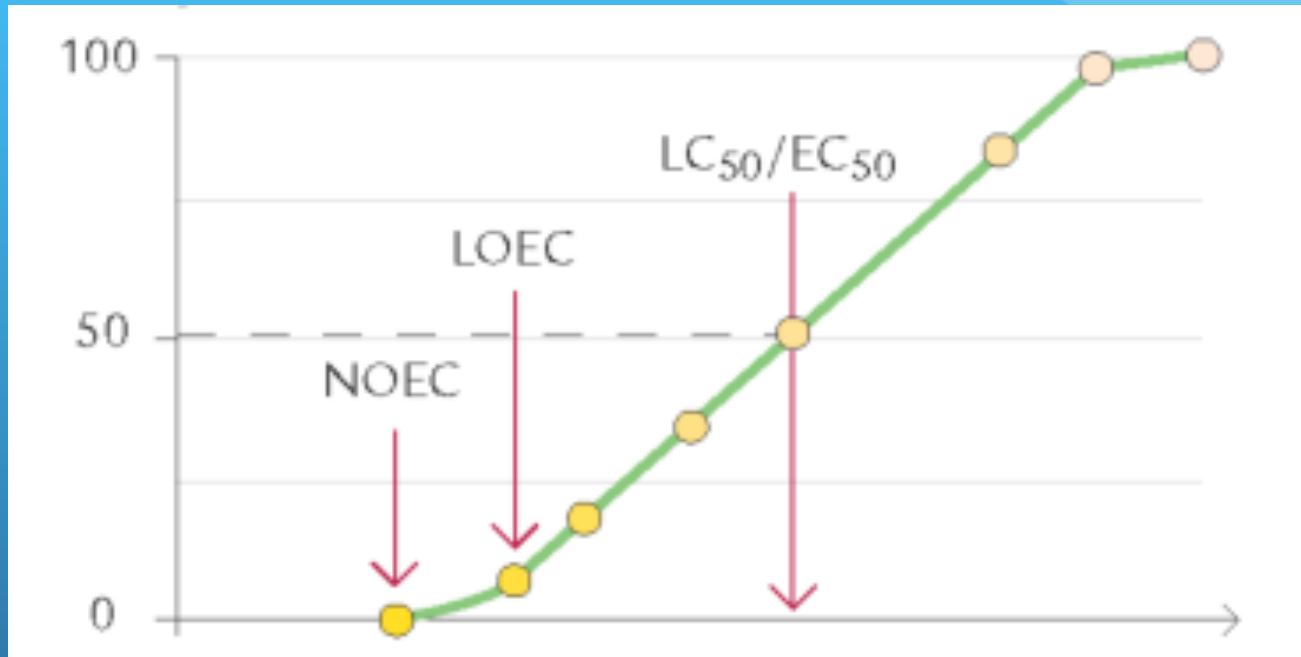
Biomagnificación; cuando la concentración de contaminantes aumenta en los niveles tróficos superiores, al absorber cada vez más a través del alimento

¿De que manera se pueden evaluar los efectos de los compuestos tóxicos?

Bioensayos: Uso de organismos vivos, o partes de éstos, como agentes de prueba para determinar la presencia y/o concentración de un agente exógeno, que es capaz de causarle un efecto negativo.



Indicadores toxicológicos básicos



LC50: Concentración necesaria para matar a la mitad de los organismos de prueba.

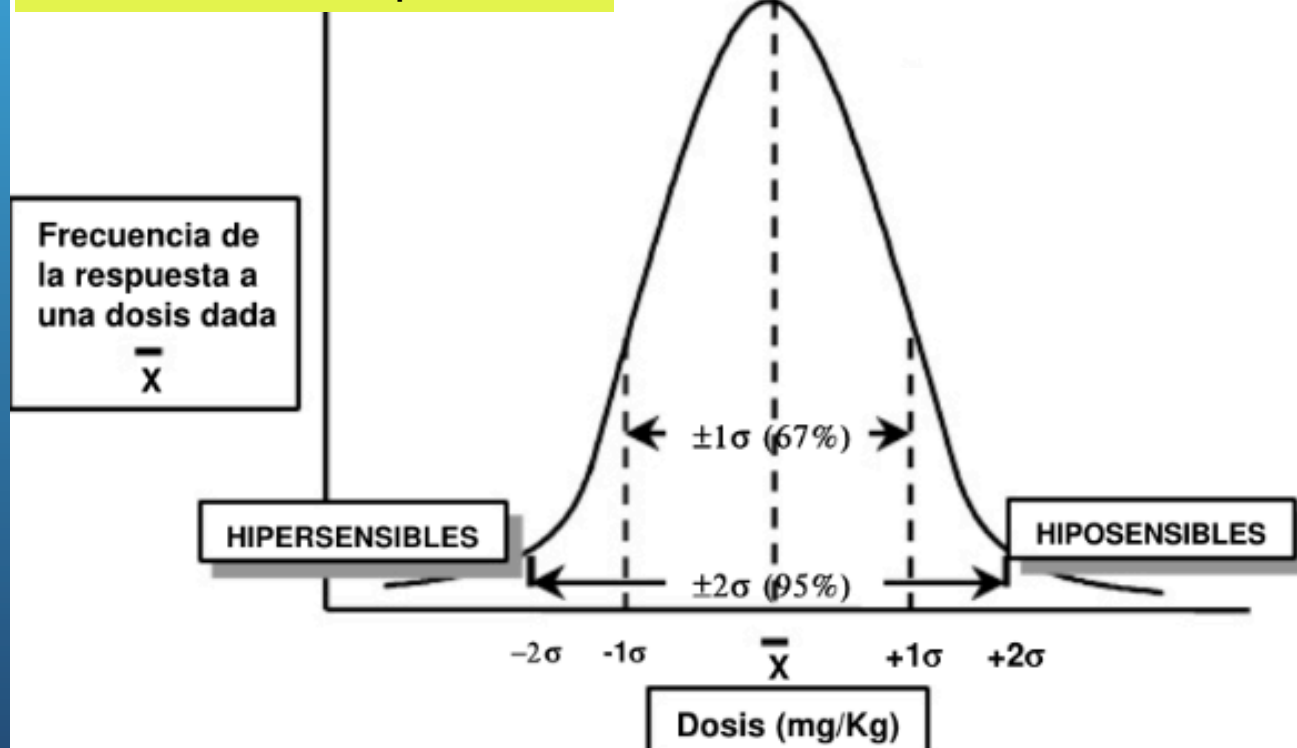
NOEC: Concentración sin efectos observados.

LOEC: Concentración menor con efectos observados.

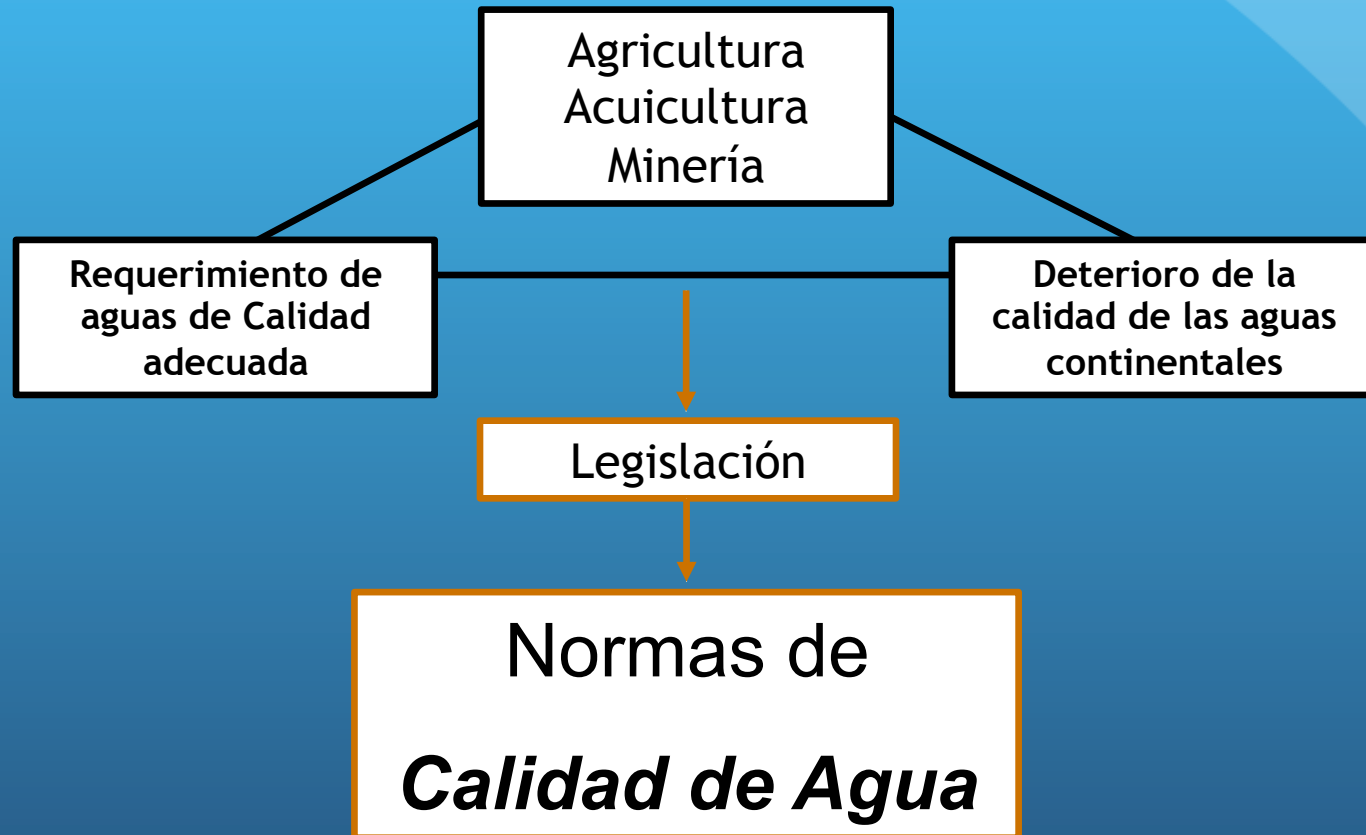
No todos los individuos de una especie tienen la misma sensibilidad frente a un tóxico



Variación intraespecífica



¿Por qué necesitamos contar con herramientas para evaluar toxicidad?



Normas de emisión de contaminantes

Contaminantes acuáticos

D.S. N° 90 de 2000

Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

D.S. N° 609 de 1998

Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillados

D.S. N° 46 de 2002

Norma de emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas

Contaminantes atmosféricos

DS 1583/92 MINSAL

Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes

DS 167/99 MINSEGPRES

Norma de Emisión para Olores Molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de Pulpa Sulfatada

Normas de calidad (AGUA)

PRIMARIA: Proteger la salud del ser humano.

Decreto 144. MINSEGPRES

ESTABLECE NORMAS DE CALIDAD PRIMARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS MARINAS Y ESTUARINAS APTAS PARA ACTIVIDADES DE RECREACIÓN CON CONTACTO DIRECTO

Decreto 143. MINSEGPRES

ESTABLECE NORMAS DE CALIDAD PRIMARIA PARA LAS AGUAS CONTINENTALES SUPERFICIALES APTAS PARA ACTIVIDADES DE RECREACIÓN CON CONTACTO DIRECTO

SECUNDARIA: Proteger la salud ambiental

Decreto 53. MMA. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río maipo

Decreto 19. MMA. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales del lago Villarrica

Decreto 122. MMA. Establece normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas del lago Llanquihue

Normas técnicas de calidad: agua

Norma Chilena NCh409 /1.Of. 2005 Agua Potable.

Parte 1: Requisitos, que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional, y

Parte 2: Muestreo, que establece requerimientos del Muestreo que se debe exigir a las concesionarias para el control del agua potable suministrada.

Norma Chilena NCh1.333 Of. 1978

Requisitos de calidad del agua para diferentes usos

Agua para consumo humano

Agua para bebida de animales

Riego

Recreación y estética

Vida acuática

Normas técnicas de calidad del agua

Norma Chilena NCh409 /1.Of. 2005 Agua Potable.

Tabla 2 - Elementos o sustancias no esenciales

Elemento o sustancia	Expresado como elementos o sustancias totales	Límite máximo mg/L
Arsénico	<i>As</i>	0,01 ¹⁾
Cadmio	<i>Cd</i>	0,01
Cianuro	<i>CN⁻</i>	0,05
Mercurio	<i>Hg</i>	0,001
Nitrato	<i>NO₃⁻</i>	50
Nitrito	<i>NO₂⁻</i>	3
Razón nitrato + nitrito	<i>2)</i>	1
Plomo	<i>Pb</i>	0,05

Normas técnicas de calidad del agua

Norma Chilena NCh409 /1.Of. 2005 Agua Potable.

Tabla 7 - Parámetros relativos a características organolépticas

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo
Físicos:			
Color verdadero	.	Unidad Pt-Co	20
Olor	.	.	inodora
Sabor	.	.	insípida
Inorgánicos:			
Amoníaco	NH_3	mg/L	1,5
Cloruro	Cl^-	mg/L	400 ¹⁾
pH	.	.	6,5 < pH < 8,5
Sulfato	SO_4^{-2}	mg/L	500 ¹⁾
Sólidos disueltos totales	.	mg/L	1 500
Orgánicos:			
Compuestos fenólicos	Fenol	µg/L	2
1) La Autoridad Competente, de acuerdo con las instrucciones impartidas por el Ministerio de Salud, podrá autorizar valores superiores a los límites máximos señalados en esta tabla, conforme a la reglamentación sanitaria vigente.			

Normas de calidad técnicas

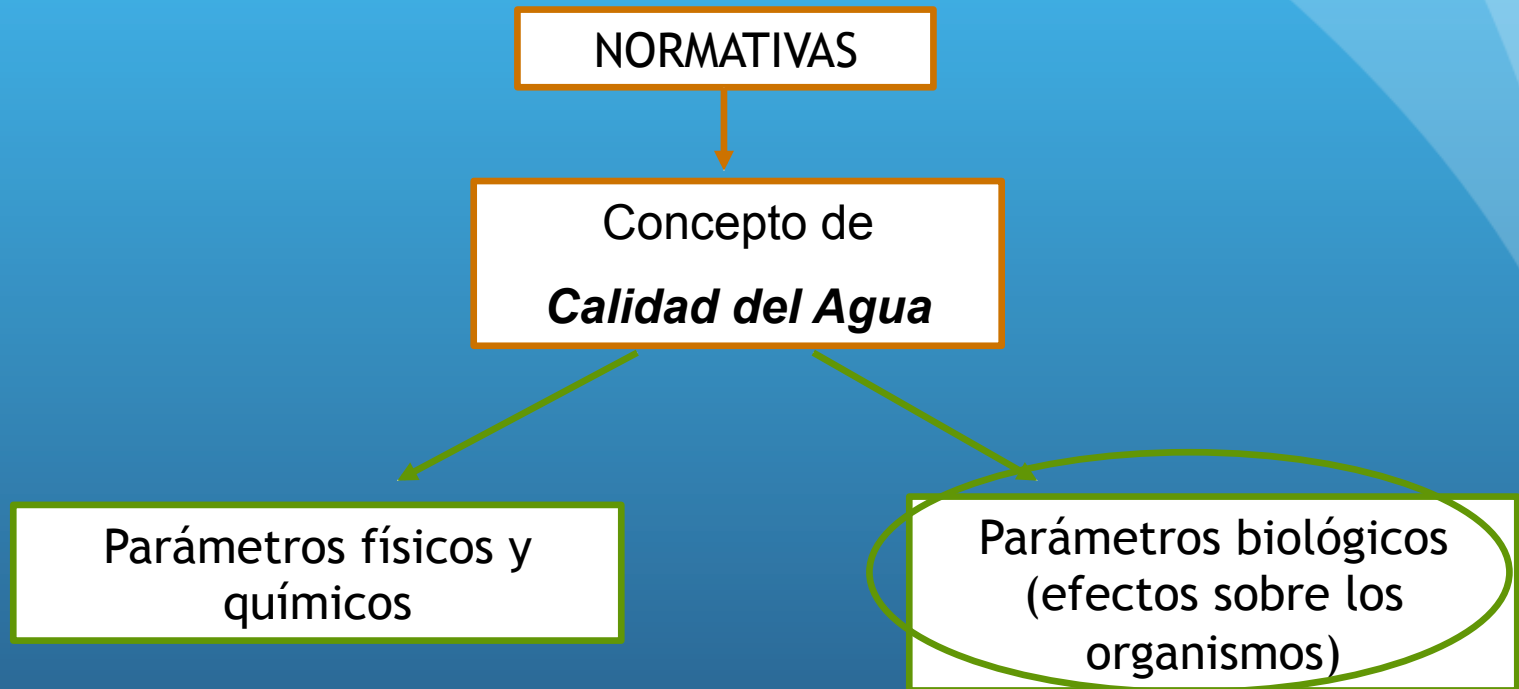
Norma Chilena NCh1.333 Of. 1978

Requisitos de calidad del agua para diferentes usos

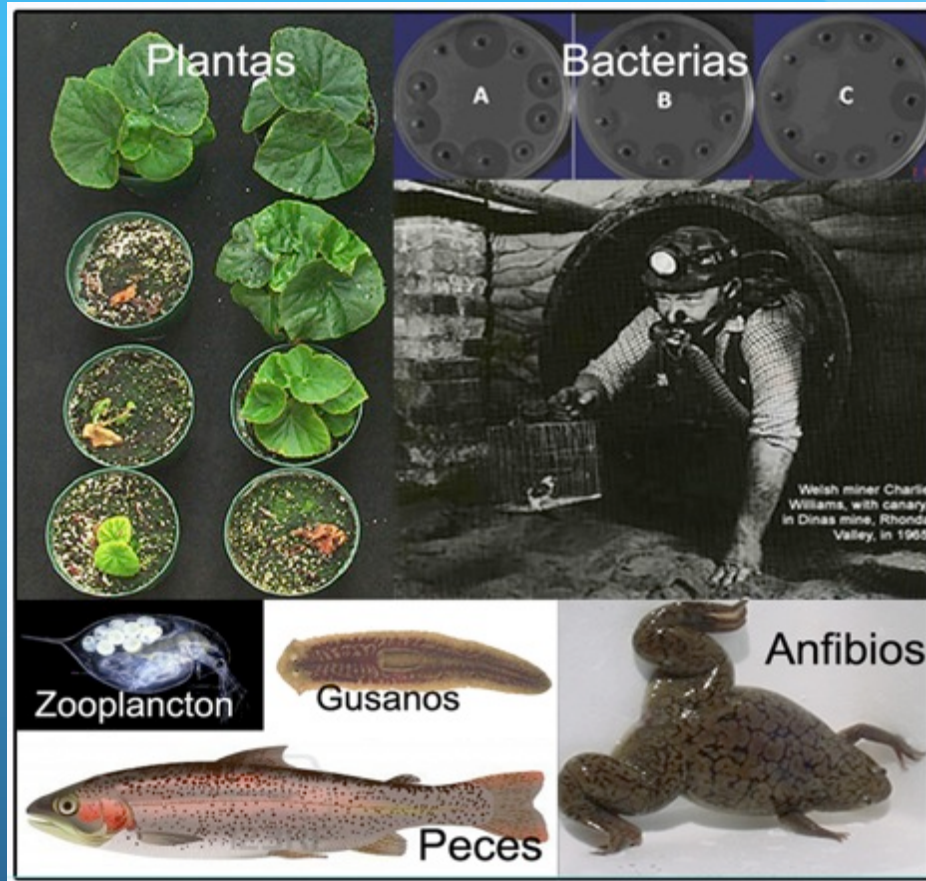
Tabla 5 - Factores de seguridad para diferentes tóxicos

Tóxico	Factor de seguridad
Pesticidas	1/100 de la LTm96
Metales pesados	1/100 de la LTm96
Cianuros	1/10 de la LTm96
Tóxico no acumulativo	1/10 de la LTm96
Tóxico acumulativo y persistente	1/100 de la LTm96
Detergentes	1/10 de la LTm96

La calidad del agua es un concepto relativo al uso



Bioensayos y eco-toxicología



Distintos
organismos



Distinta
sensibilidad



Bioensayos
multitróficos

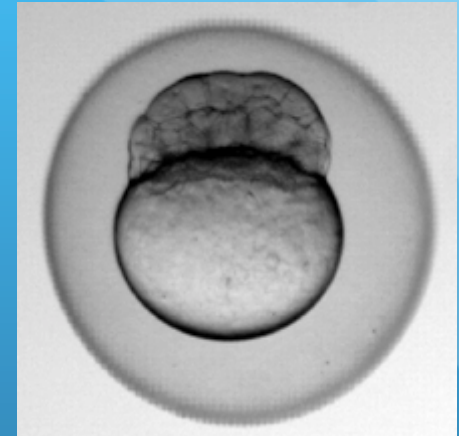
¿Qué Bioensayos se encuentran normados en Chile?

- NCh2313/26.Of1999 - Bioensayo bacteriano de toxicidad en aguas residuales - Método de inhibición del crecimiento de *Bacillus subtilis*.
- NCh2083.Of1999 - Bioensayo de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex* (Crustacea, Cladocera).
- NCh2706.Of2002 - Bioensayo de inhibición de crecimiento de algas en agua dulce con *Selenastrum capricornutum* (*Raphidocelis subcapitata*).



¿Qué Bioensayos se encuentran normados en Chile?

NCh-ISO 15088.of2015- Determinación de la toxicidad aguda de las aguas residuales sobre huevos de pez cebra (*Danio rerio*)

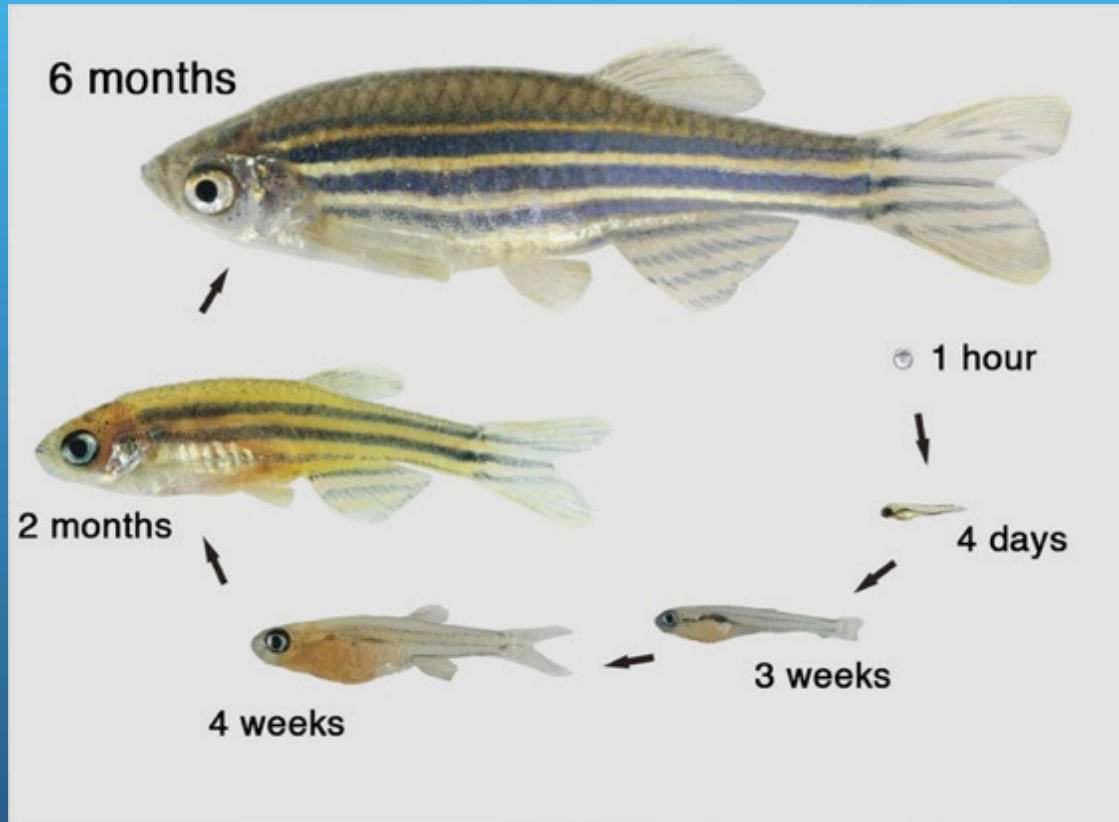


prNCh3385- Bioensayo para la determinación de la toxicidad de aguas superficiales sobre huevos y larvas de pez cebra (*Danio rerio*)



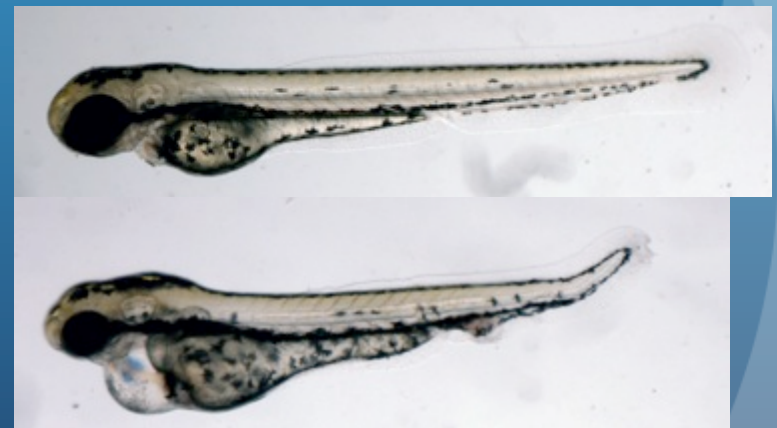
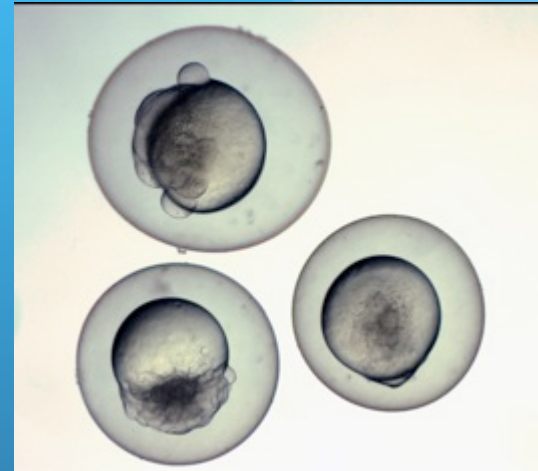
Danio rerio: pez cebra

Un modelo ideal para bioensayos



- Origen
- Dimorfismo sexual
- Reproducción anual
- Ciclo de vida corto

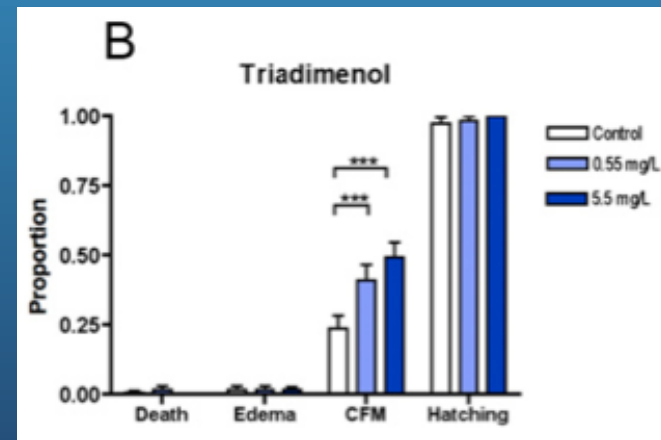
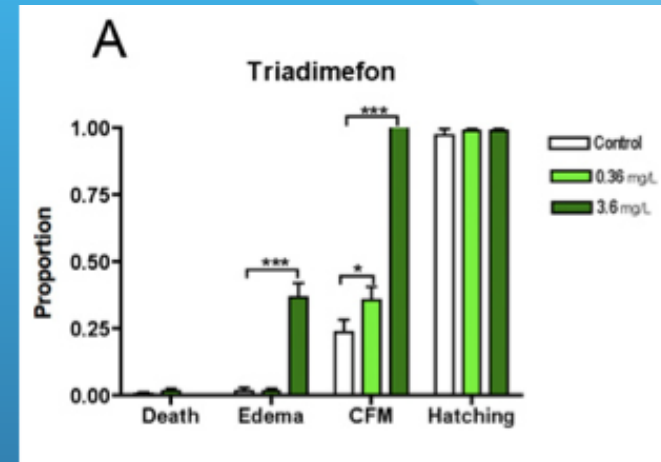
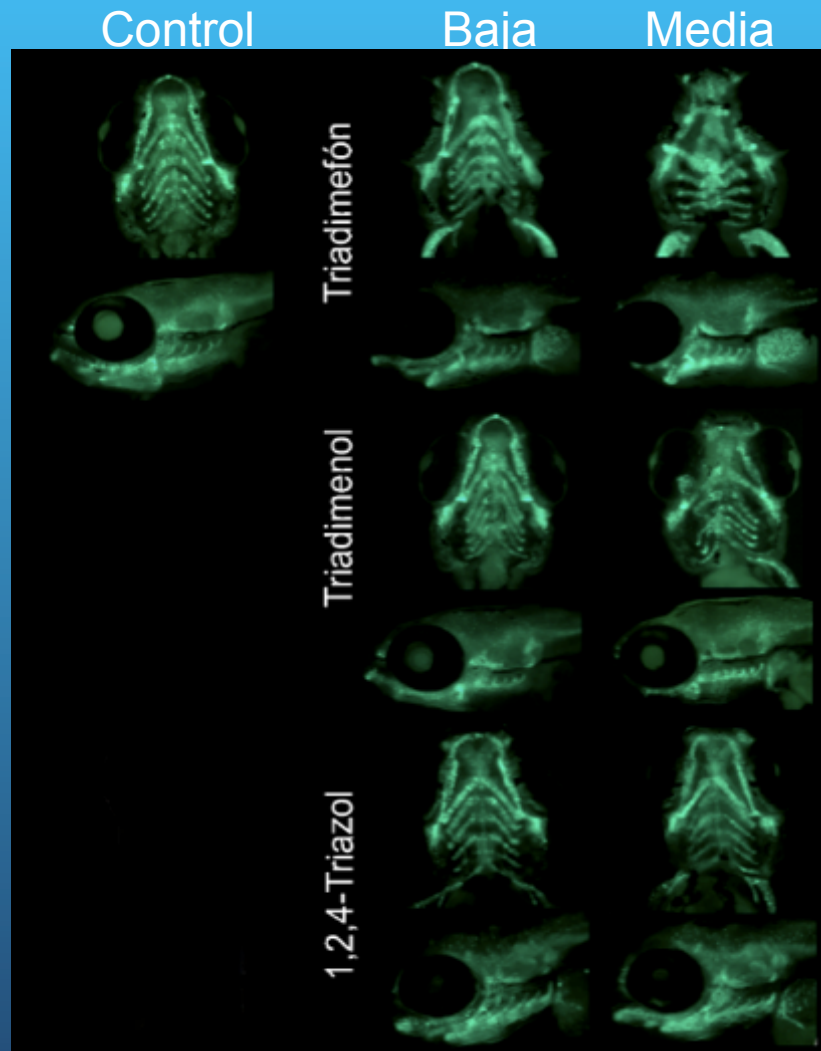
La transparencia permite monitorear el desarrollo y la morfogénesis bajo una lupa



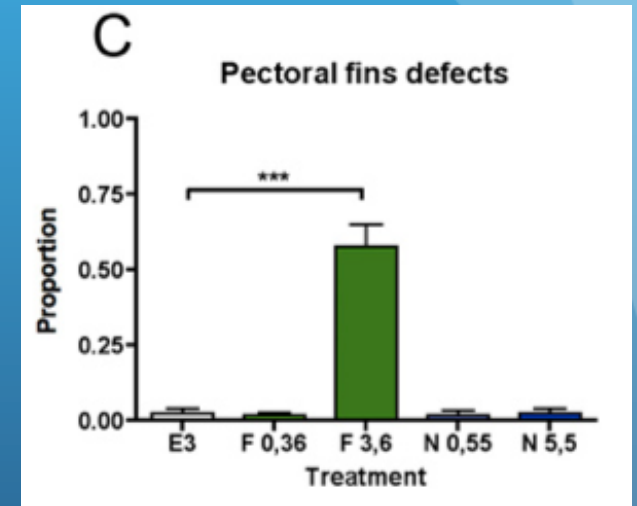
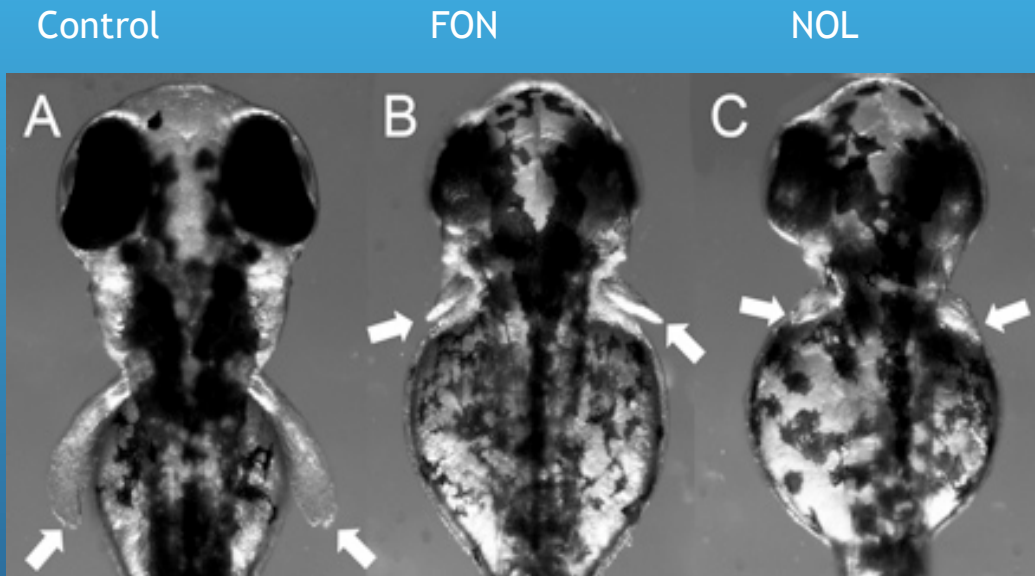
Ventajas del pez cebra como modelo.



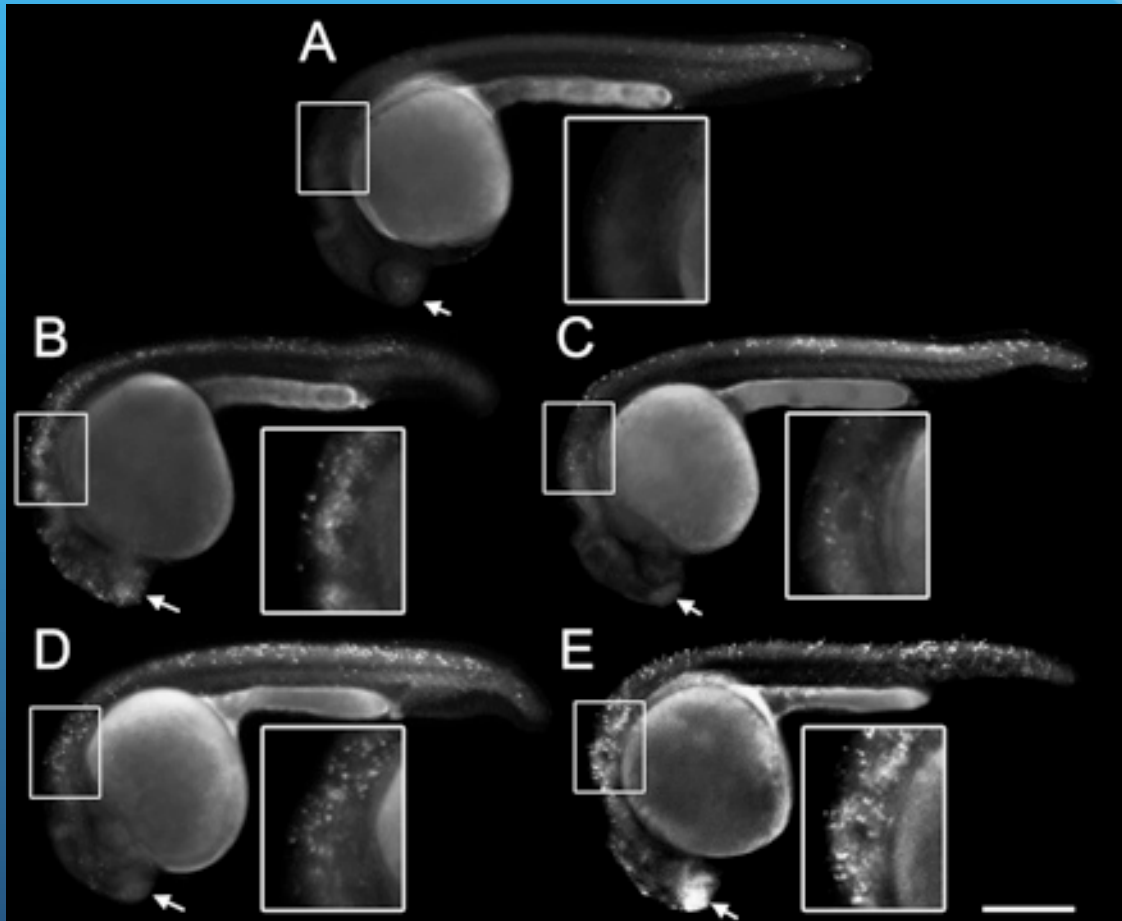
Ejemplo: teratogénesis causada por pesticidas.



La exposición temprana a triazoles genera malformaciones en extremidades



La exposición temprana a triazoles induce muerte celular



La exposición a una mezcla de triazoles tiene un efecto sinérgico

Tratamiento	% de malformaciones
Fon (baja)	4%
Nol (baja)	4%
1,2,4-T (media)	0%
Mix	80%

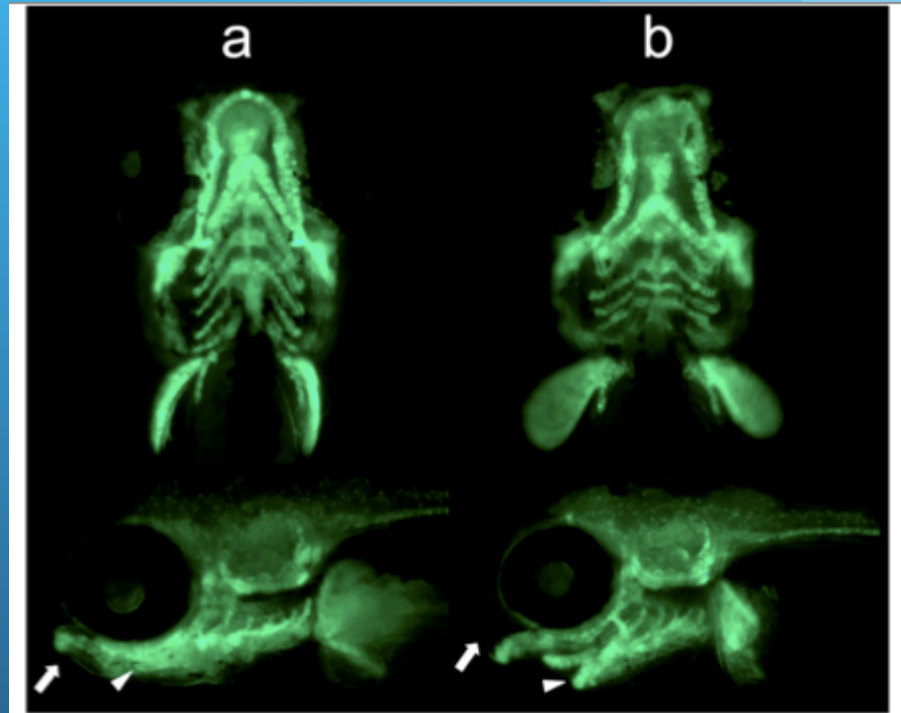


FIGURA 25: Larvas de 5 dpf de la línea transgénica Sox10::GFP, expuestas a una mezcla de triazoles durante la embriogénesis y hasta los 4 dpf. La exposición durante cuatro días a una mezcla de bajas concentraciones de FON, NOL y media de 1,2,4-T durante el desarrollo temprano produce alteración en el desarrollo de los elementos mandibulares en el pez cebra, al igual que lo hace la exposición a una concentración alta de cualquiera de estos compuestos. Flechas, cartilago de Meckel; puntas de flecha, ceratohideo. (38x).

¿Como utilizar esta información en un Conflicto Ambiental?



CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS AMBIENTALES

www.codeciam.org

CASO DE ESTUDIO: Valle del Huelehueico



Contaminación por metales en el valle del Huelehueico

(ug/L)	(II-M-001)	(%)	(II-M-002)	(%)	(II-M-003)	(%)	(II-M-004)	(%)
Cd	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
Zn	7,13	0	18	0	106	0	110	0
Cr	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
As	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
Cu	3,65	0	2,91	0	26,6	0	33,4	0
Ni	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
Pb	< LD	0	< LD	0	9,8	0	14,6	0
Al	321	0	278	0	50,5	0	74,4	0
Se	21,3	6,5	42,5	113	90,3	803	43,6	336
Mn	40,2	0	62,9	0	1445	1345	3,47	0
Ag	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
V	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
Ba	19,7	0	24,1	0	29,5	0	14,9	0
Co	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0
Mo	< LD	0	< LD	0	< LD	0	< LD	0

Contaminación por metales en el valle del Huelehueico

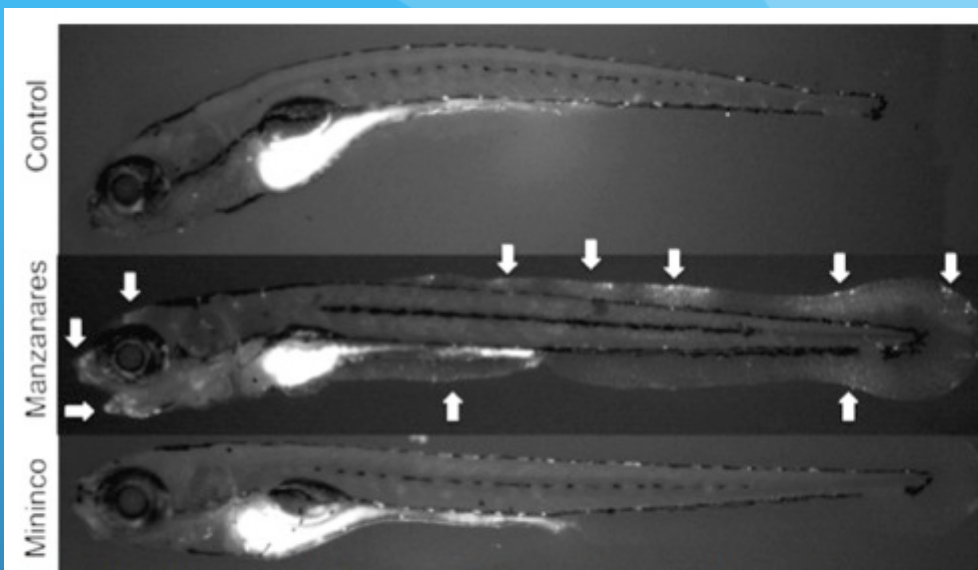
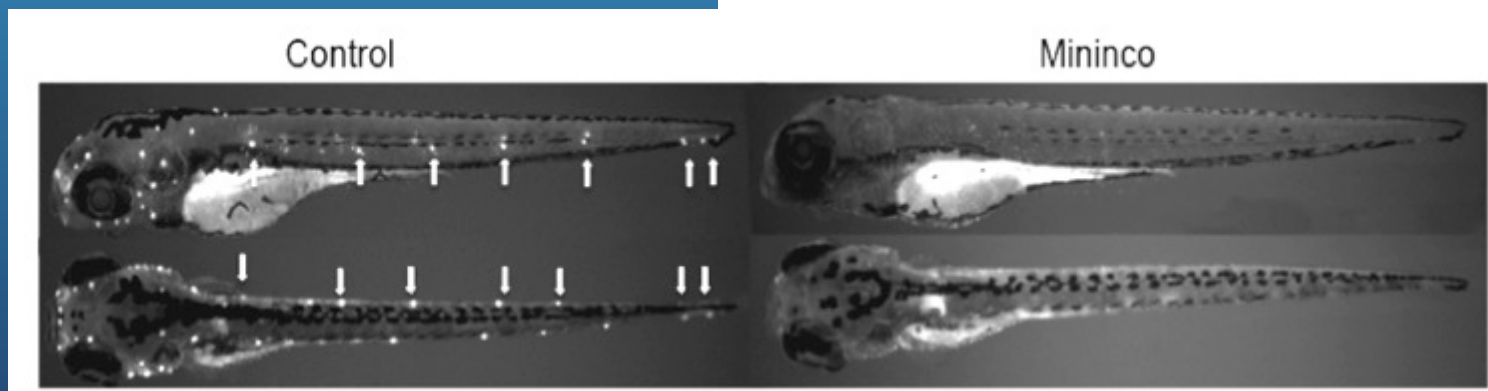
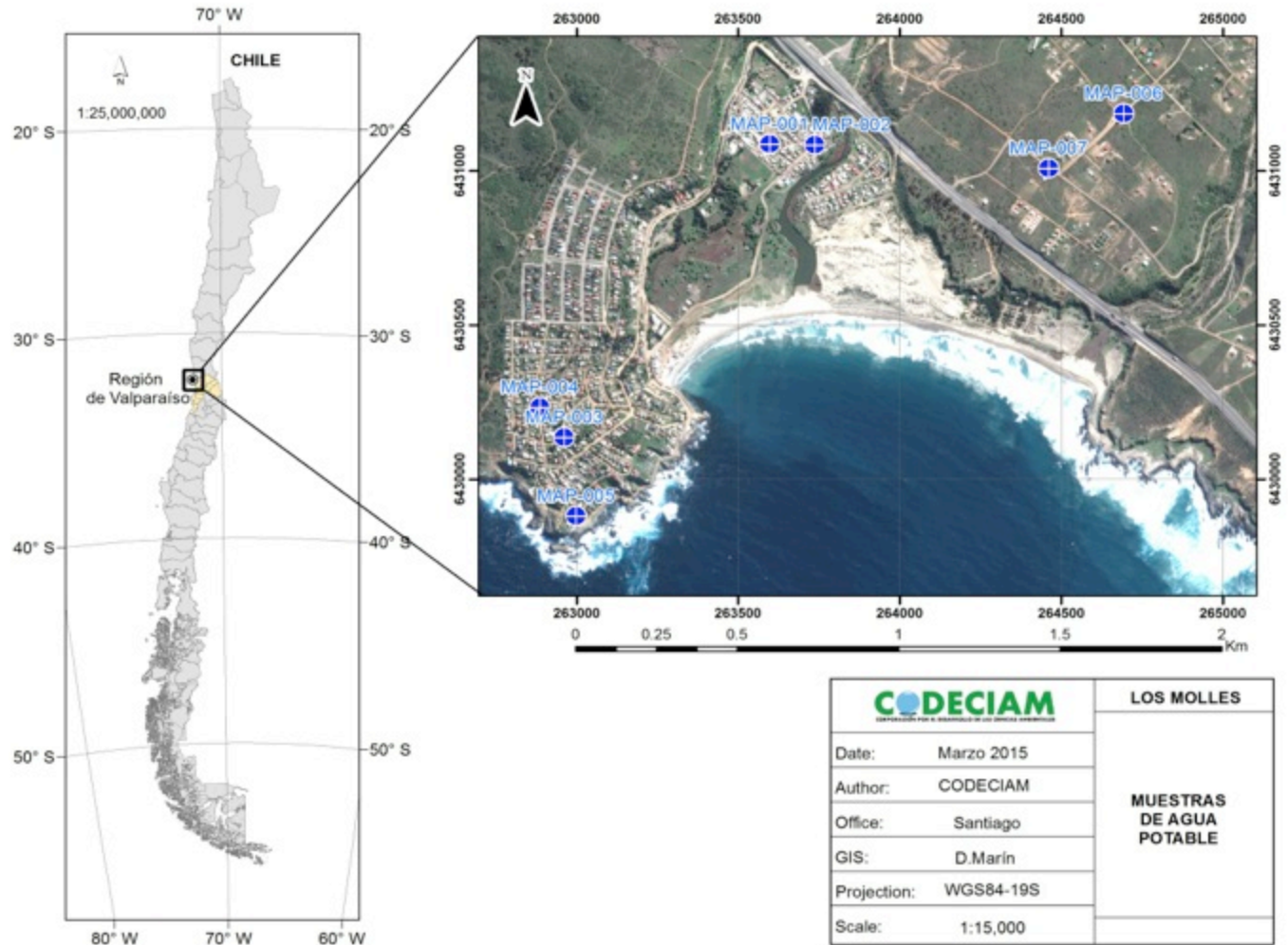


Figura 11. Tinción *in vivo* de células muertas en larvas de 7 dpf expuestas durante todo el desarrollo embrionario. La tinción con naranja de acridina no revela una inducción de muerte celular significativa tras siete días de exposición en la mayoría de las muestras, a excepción (flechas) de lo ocurrido en las larvas expuestas al agua del Liceo Manzanares, las cuales presentaron inducción de muerte celular en la epidermis de la cola, aletas caudales y dorsales en desarrollo y la cara. Vistas laterales: cabeza hacia izquierda y cola hacia la derecha.



Contaminación del agua en Los Molles



Contaminación del agua en Los Molles



Figura 3.1. Esquema resumen aplicado para la caracterización de las muestras de agua.

Contaminación del agua en Los Molles

5.1 Parámetros organolépticos

Se presentan a continuación los resultados para los parámetros organolépticos medidos y que aparecen en la tabla 7 de la NCh409/1. Los resultados están divididos en 3 tablas: (i) sector bajo; (ii) sector alto de Los Molles; y (iii) Huaquén.

Muestras sector bajo Los Molles								
Parámetros	Unidad	Límite máximo	MAP001	Evaluación NCh 409/1	MAP002	Evaluación NCh 409/1	MAP005	Evaluación NCh 409/1
Físicos								
Olor	-	inodora	sin olor	cumple	sin olor	cumple	sin olor	cumple
Sabor	-	insípida	salada	no cumple	salada	no cumple	salada	no cumple
Inorgánicos								
pH		6,5<pH<8,5	7,57	cumple	7,53	cumple	7,53	cumple
Sólidos disueltos totales	mg/L	1500	ND	-	ND	-	ND	-

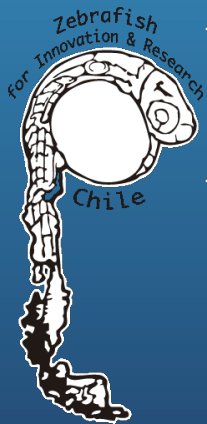
Tabla 3. Resultados para los parámetros organolépticos medidos en Los Molles (sector bajo)

Muestras sector alto Los Molles						
Parámetros	Unidad	Límite máximo	MAP003	Evaluación NCh 409/1	MAP004	Evaluación NCh 409/1
Físicos						
Olor	-	inodora	sin olor	cumple	sin olor	cumple
Sabor	-	insípida	salada	no cumple	salada	no cumple
Inorgánicos						
pH		6,5<pH<8,5	7,53	cumple	7,56	cumple
Sólidos disueltos totales	mg/L	1500	ND	-	ND	-

Tabla 4. Resultados para los parámetros organolépticos medidos en Los Molles (sector alto)

Ideas finales

- ✓ Existen variados tipos de contaminación.
- ✓ Todas las sustancias químicas, naturales o artificiales, pueden ser tóxicas en altas cantidades.
- ✓ Las normativas ambientales son una potente herramienta para controlar la contaminación producida por el ser humano.
- ✓ Los bioensayos son una herramienta valiosa para evaluar ecotoxicidad
- ✓ Necesidad urgente de revisar los estándares ambientales sobre calidad de aguas en base a evidencia científica.
- ✓ El conocimiento de las normativas ambientales nos da herramientas en los casos de conflicto ambiental.



Muchas gracias!