



# V SIMPOSIO INTERNACIONAL AGUAS CONTINENTALES DE LAS AMÉRICAS



Autoridad  
para el Manejo Sustentable  
de la Cuenca del Lago  
de Atitlán y su Entorno



UVG  
UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA



CENTRO  
DE ESTUDIOS ATITLÁN - CEA -  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES



[simposio.atitlan@gmail.com](mailto:simposio.atitlan@gmail.com)



<https://simposioatitlan.org.gt/>



Encuentranos  
en Facebook

# Herramientas de nueva generación (NAMs) para la evaluación de contaminación química en ecosistemas acuáticos

**Marco E. Franco, Ph.D.**

*Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuática – Eawag*

*Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad Rafael Landívar*



marco.franco@eawag.ch



/marcoefranco

**eawag**  
aquatic research

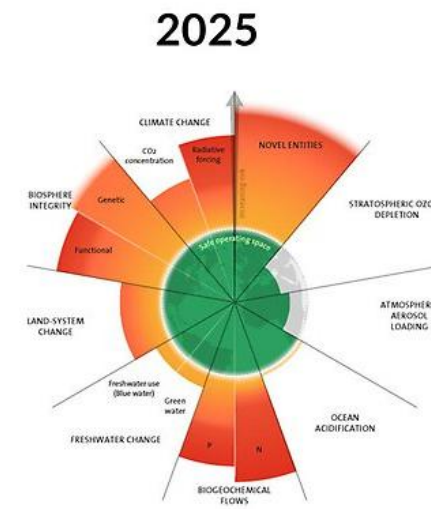
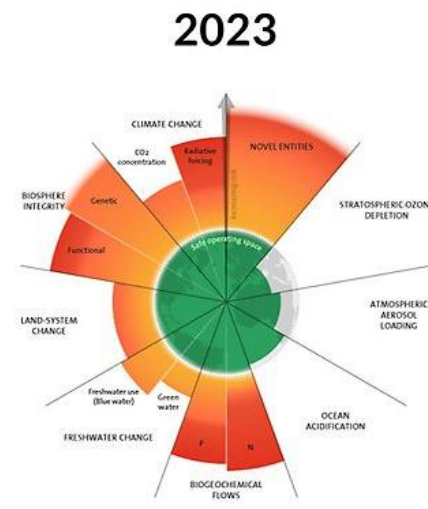
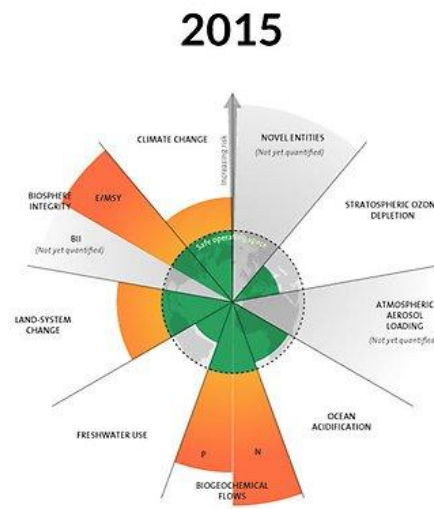
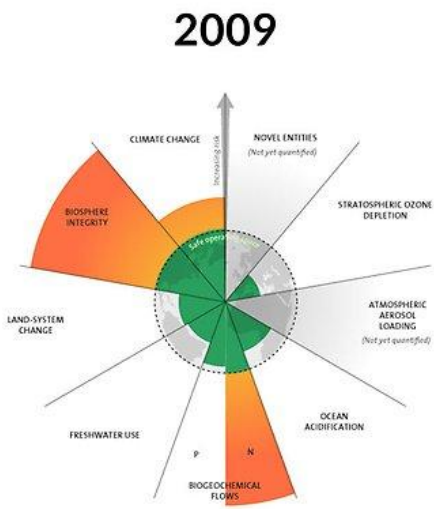


**iarna**  
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN  
CIENCIAS NATURALES Y TECNOLOGÍA



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# El límite planetario de la contaminación química



Datos limitados entre 2009 y 2015, por lo que la cuantificación no es posible.

Primer reporte de contaminación química en 2023. Límites sobrepasados.

Cambios mínimos en los patrones de contaminación en 2025.

## Como manejamos la contaminación química ambiental y los efectos que surgen de ella?



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# Toxicología Ambiental

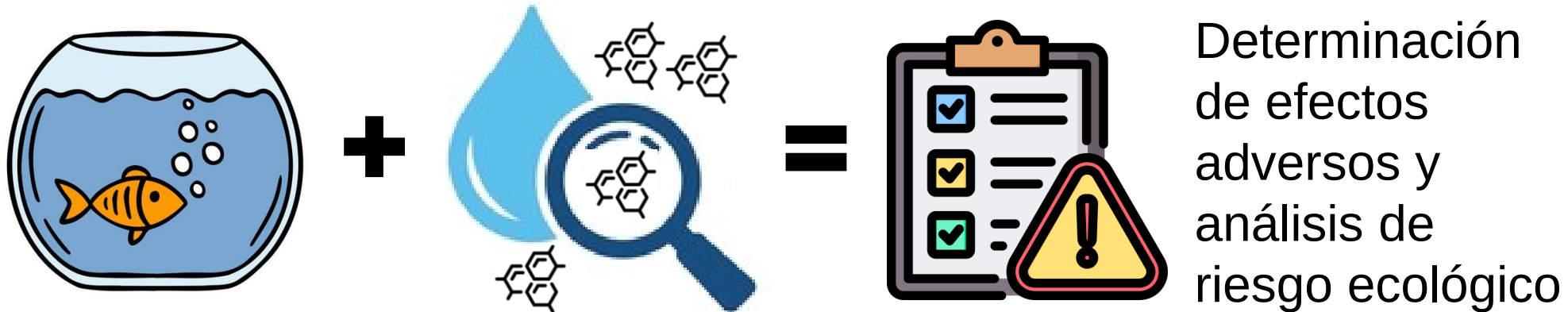


Ciencia multidisciplinaria



Relación directa humanos-fauna-ambiente

En el contexto de contaminación química y ecosistemas acuáticos:

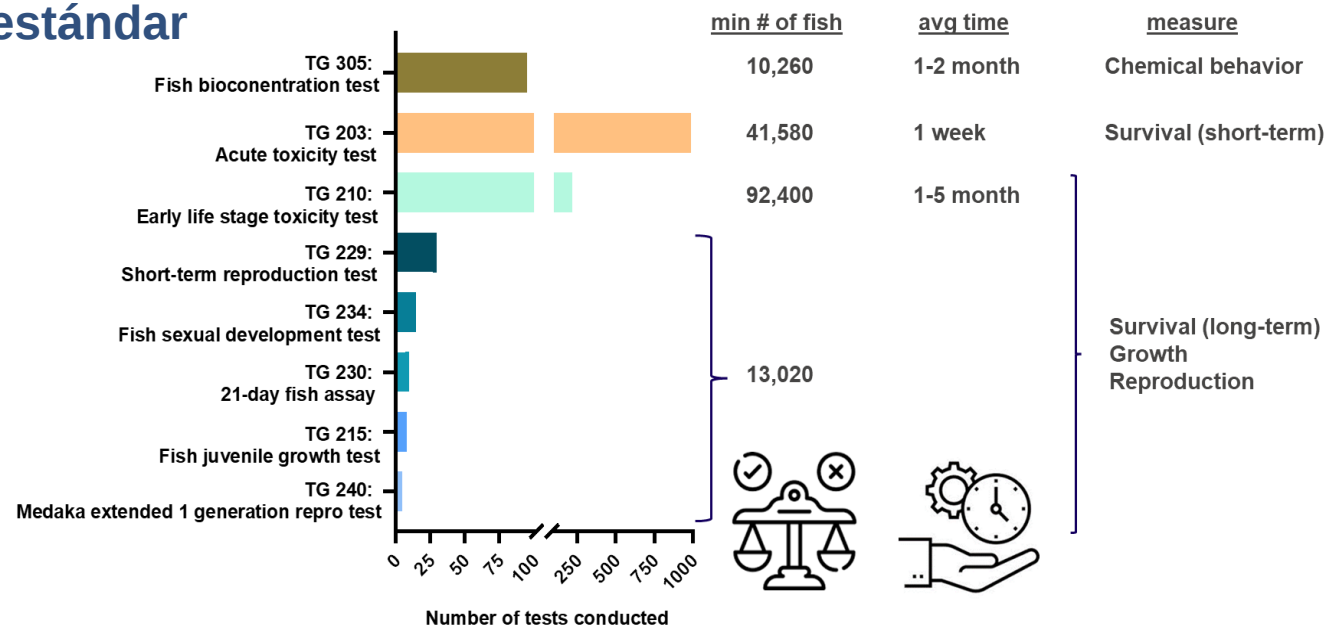


V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# Una mirada a métodos tradicionales

- Evaluación de mortalidad (toxicidad aguda) – OECD 203
- Evaluación de bioacumulación – OECD 305

## Uso de peces en evaluaciones estándar



Fuente: Burden et al. 2017, Integr. Environ. Assess. Manag.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

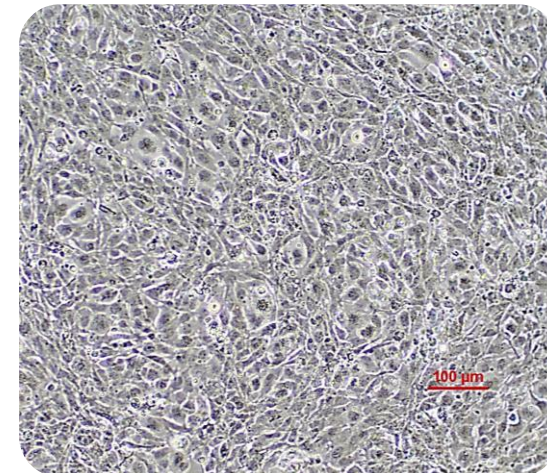
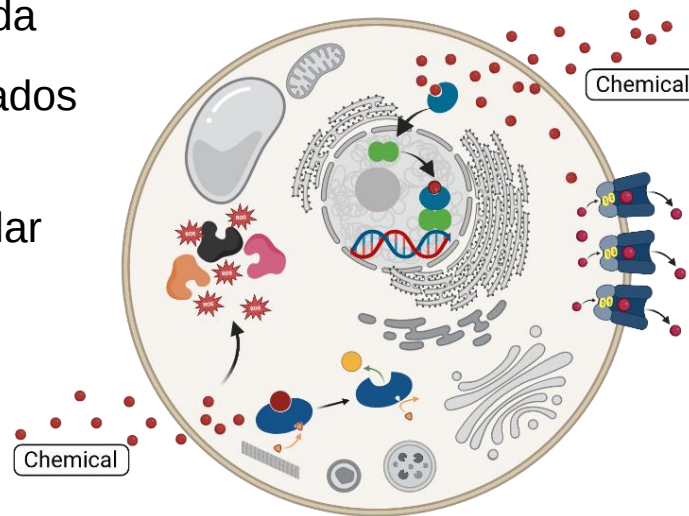
# La toxicología ambiental de nueva generación



- Énfasis en **mecanismos de toxicidad**: de que sucede? a como sucede?
- **Reducción y reemplazo** de animales en experimentación
- Incremento a la **predictibilidad** de efectos adversos

## La transición hacia sistemas celulares y sub-celulares

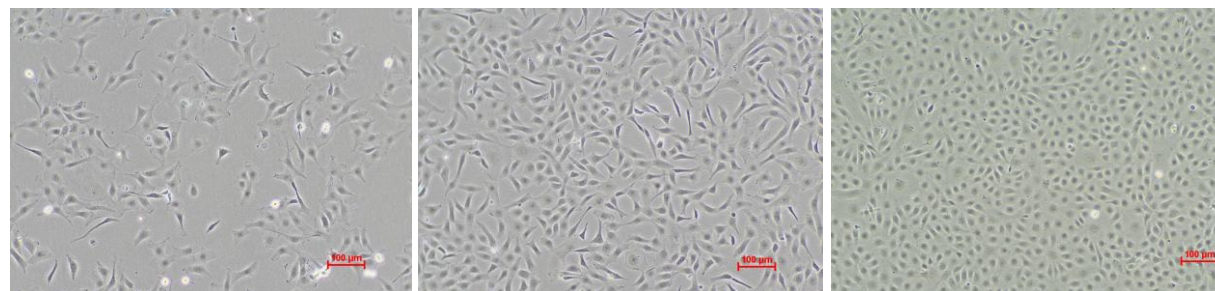
- Células como unidad básica de la vida
- Muchos procesos celulares involucrados en respuestas a exposición química
- Efectos adversos inician a nivel celular



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# Sistemas celulares y sub-celulares

- Material biológico proveniente de tejidos y órganos de interés.
- Mantienen las características y función de los animales donantes.
- En cuanto a sistemas celulares, su proliferación puede ser ilimitada.

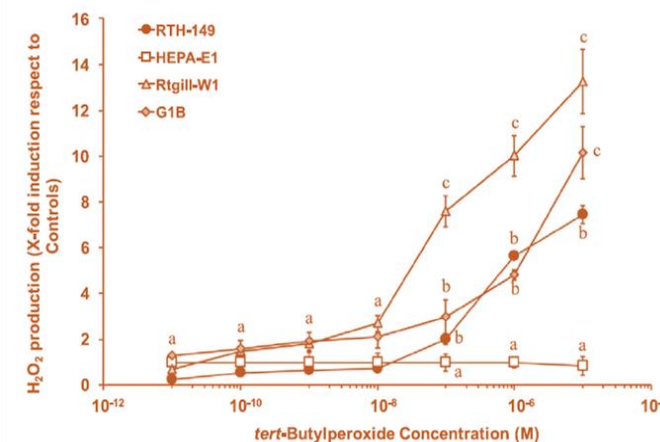
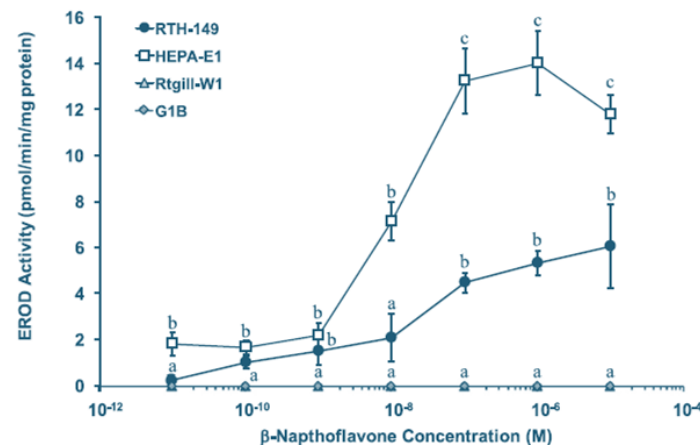


Día 1

Día 7

Día 14

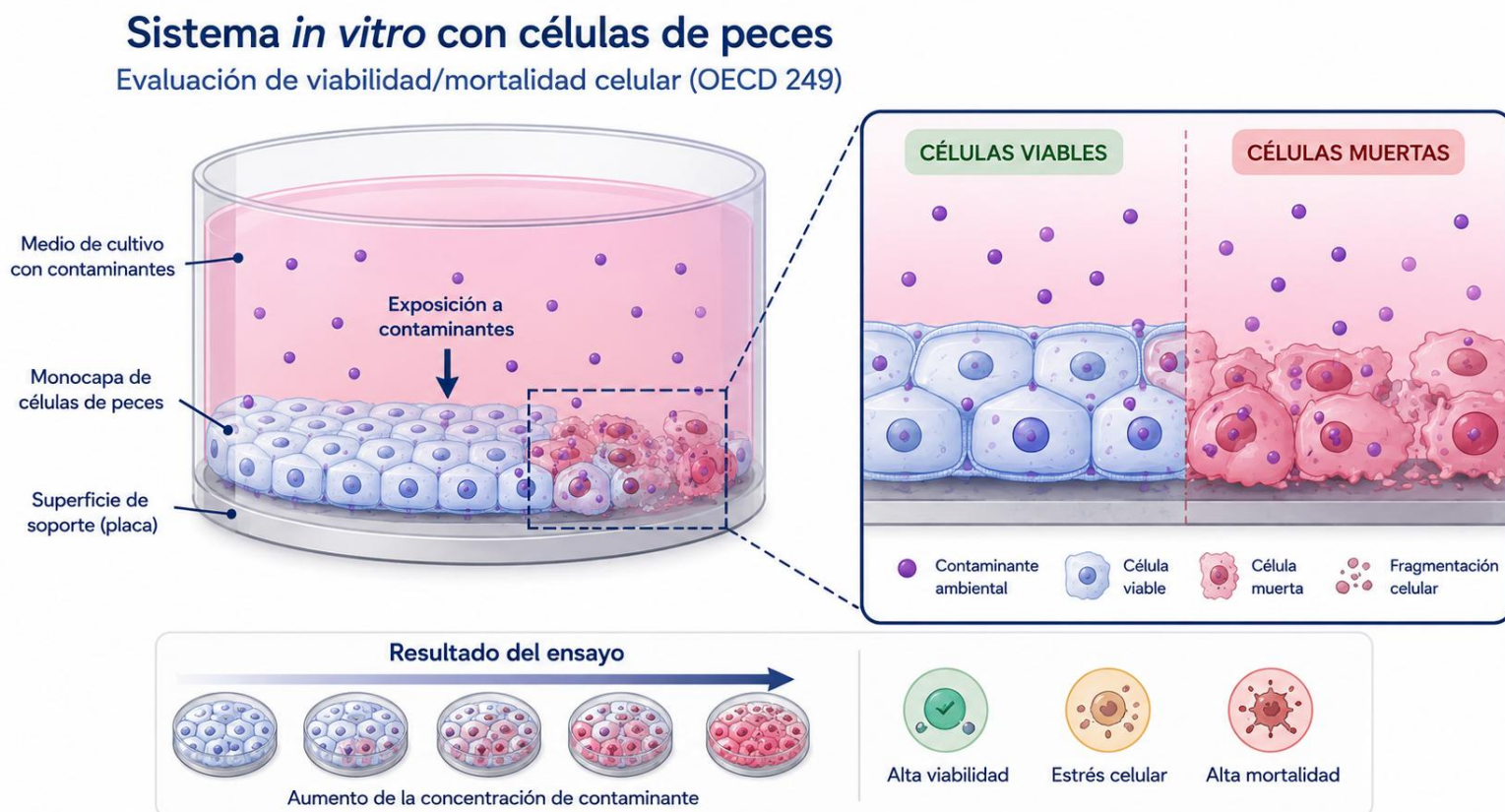
Células provenientes de diferentes órganos y especies y su habilidad de mostrar marcadores de **metabolismo** y **estrés oxidativo** (Franco et al., 2018)



# Mortalidad y monitoreo de calidad de agua en sistemas celulares

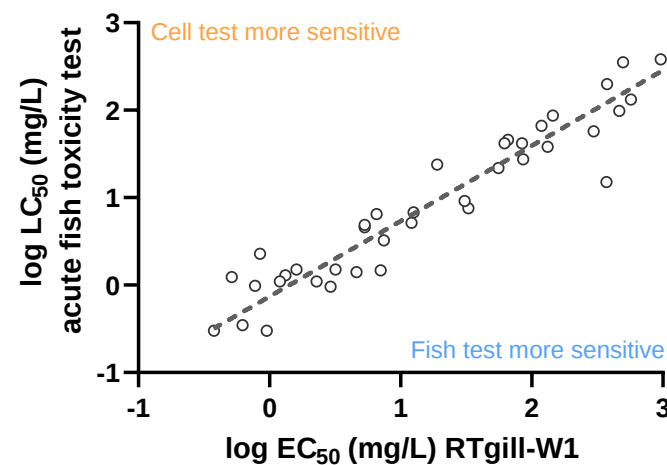
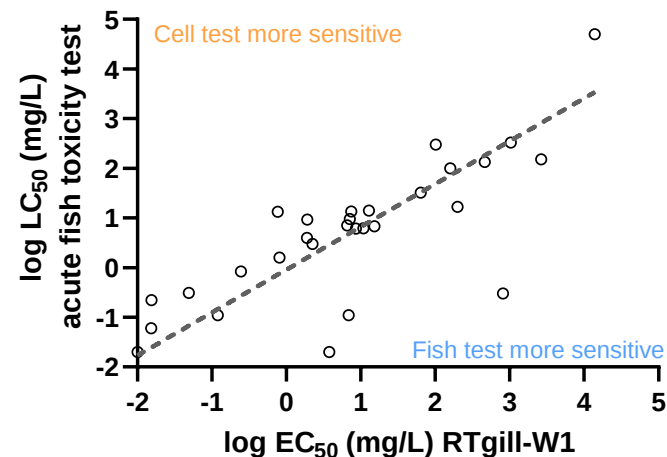
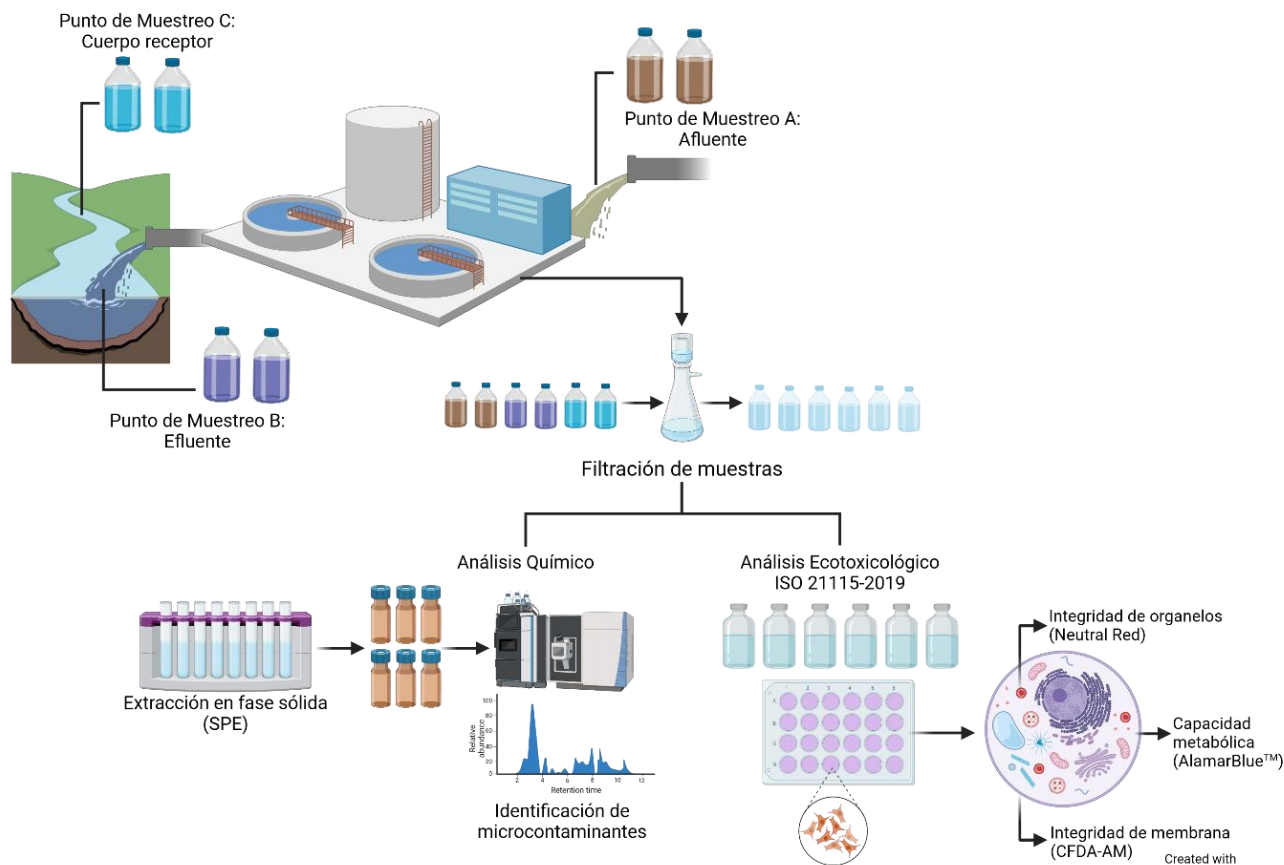
## ISO 21115:2019

- Utilización de cultivos celulares
- Exposición directa a muestra ambiental
- Medición multiparamétrica: integridad estructural y funcional
- Extrapolación directa a respuestas *in vivo*



# Mortalidad y monitoreo de calidad de agua en sistemas celulares

## ISO 21115:2019



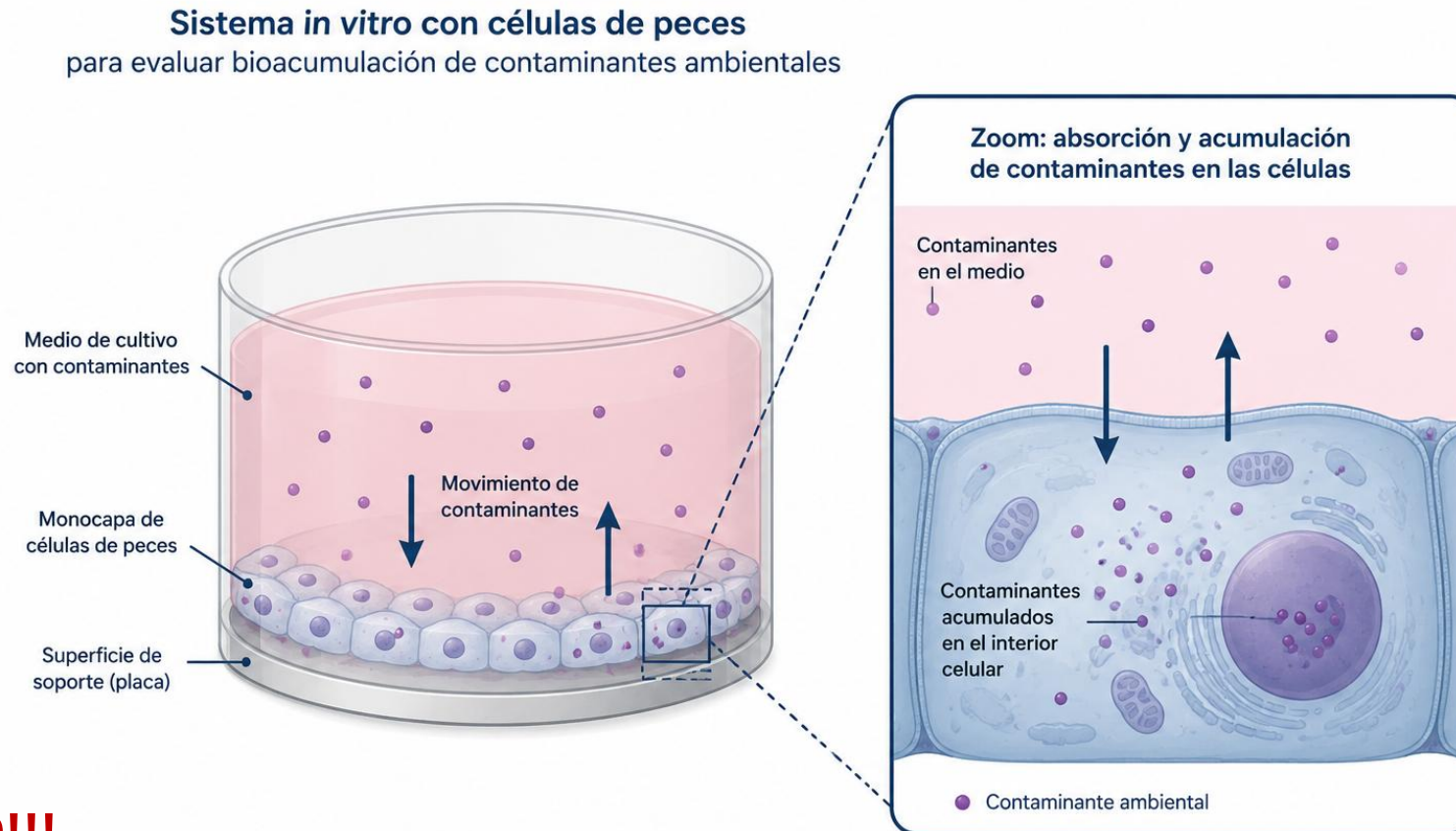
Fuente: OECD Validation Report.  
Tanneberger et al. 2013 ES&T; Natsch et al., 2018 ET&C



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# Bioacumulación de contaminantes en sistemas celulares

- Utilización de cultivos celulares relevantes
- Exposición directa a muestra ambiental
- Medición de distribución química dentro del sistema
- Identificación de contaminantes y concentraciones acumuladas



**OJO!!!**

Esta metodología requiere de equipamiento apropiado para análisis químico

# Bioacumulación de contaminantes en sistemas celulares



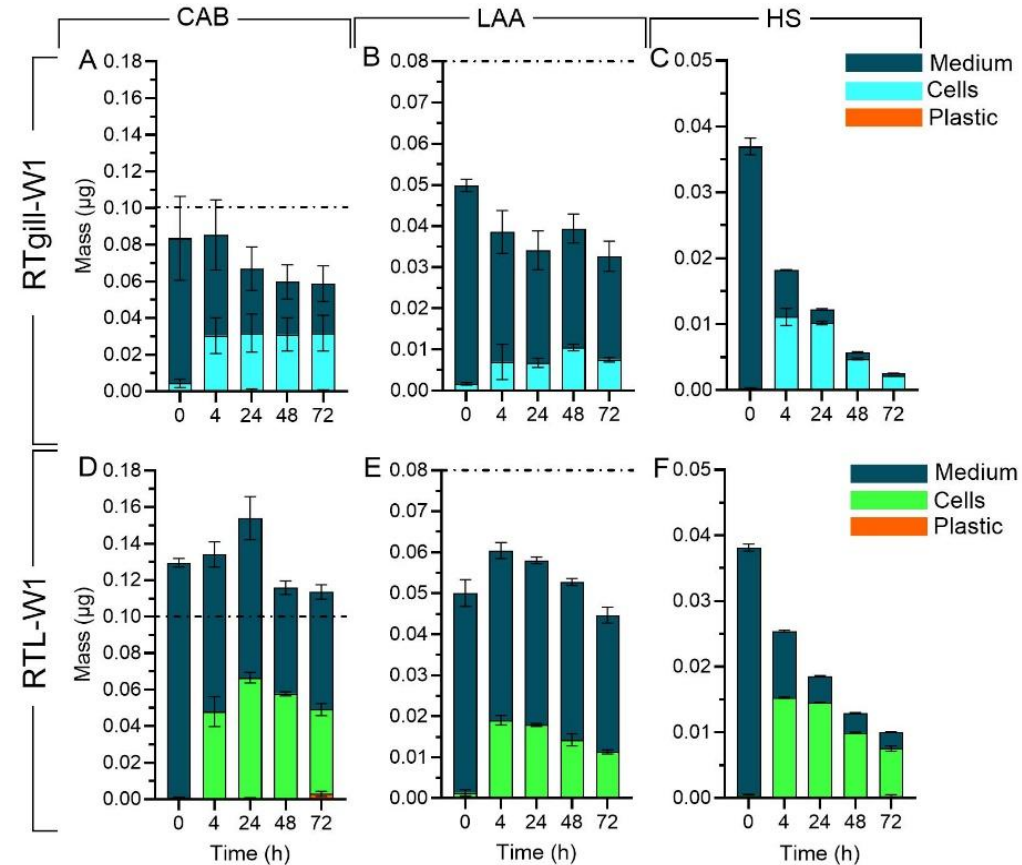
Muestreo

Exposición *in vitro*

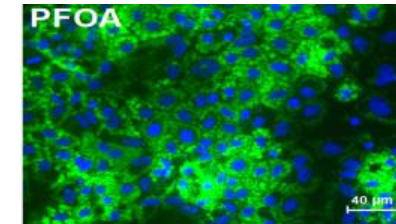
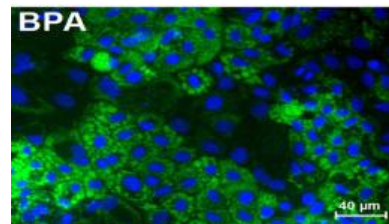
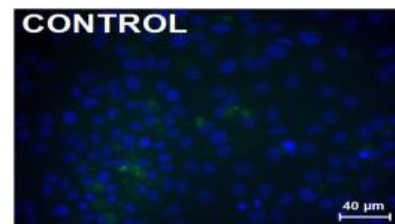
Análisis químico

Calculo de parámetros de bioacumulación

Análisis de bioacumulación de surfactantes (detergentes) en tejido celular.  
(Franco et al., 2026).



Fuente: Franco et al. (2026). In prep.



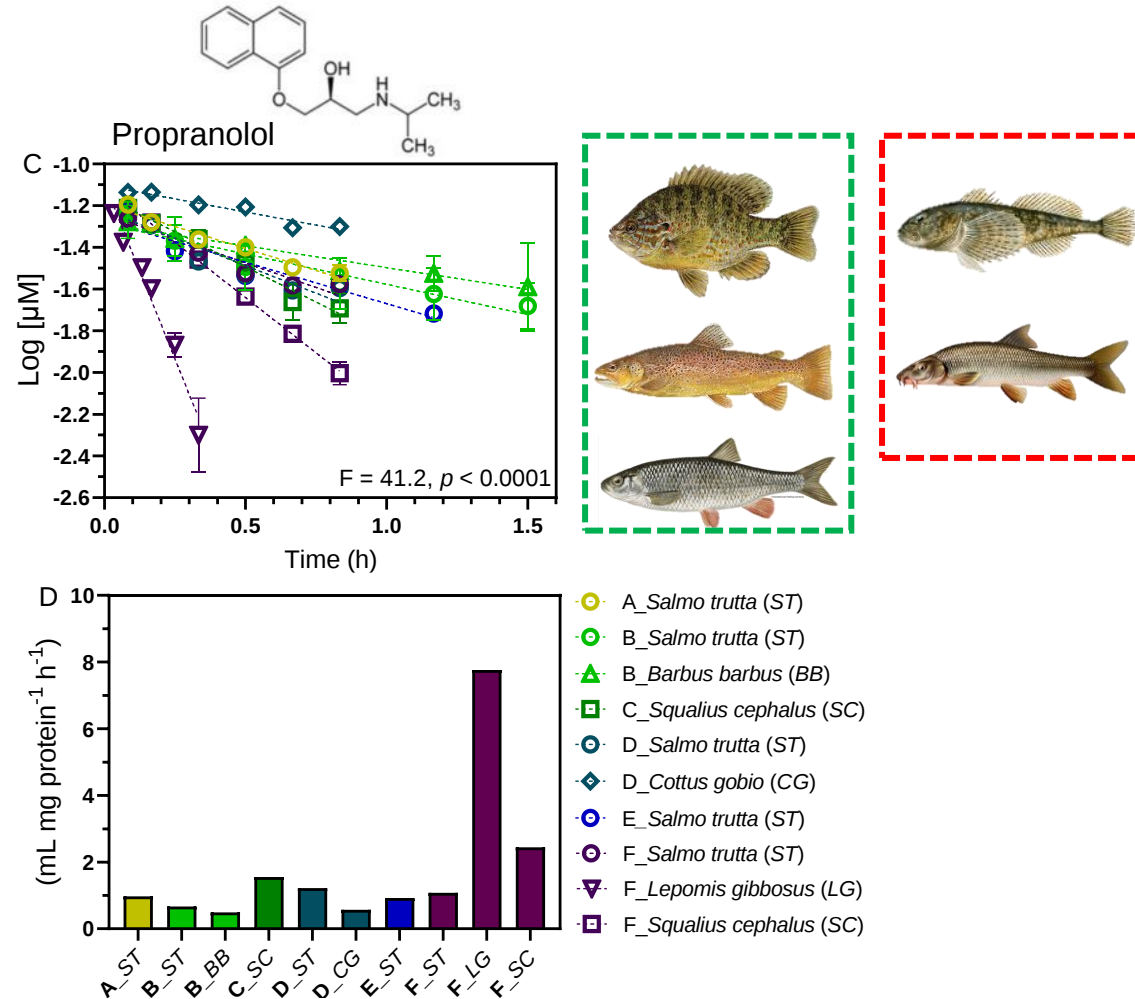
Fuente: Franco et al. (2020)



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# Predicción de cambios en la biodiversidad de ecosistemas acuáticos

- Utilización de fracciones sub-celulares de peces colectados en campo
- Enfoque en procesos de biotransformación (detoxificación)
- Análisis de sensibilidad de especies y predicción de vulnerabilidad poblacional
- Diferencias en sensibilidad podrían conllevar alteraciones a nivel ecosistema (biodiversidad)



V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# El objetivo principal: Mantener la relevancia ambiental para mayor protección de los ecosistemas



**Especies de  
relevancia local**



**Ecosistemas  
de relevancia  
local**



**Tipos de  
contaminación  
de relevancia  
local**

Ecotoxicology (2025) 34:1–10  
<https://doi.org/10.1007/s10646-024-02827-y>

## CORRESPONDENCE



### Environmental realism in molecular ecotoxicology: key considerations to transition experimental data to ecologically relevant scenarios

Marco E. Franco <sup>1</sup>

Accepted: 27 October 2024 / Published online: 5 November 2024

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2024

#### Abstract

Molecular ecotoxicology facilitates the mechanistic understanding of chemical-organism interactions and the establishment of frameworks to link molecular events to adverse outcomes. However, the foundation of this sub-discipline must remain focused on the necessity to generate insight at levels of biological organization beyond the individual, namely the population, community, and ecosystem levels, and to strive towards ecological relevance. As planet Earth continues to experience unprecedented levels of chemical pollution, causing significant impact to the integrity and functionality of ecosystems, research efforts in molecular ecotoxicology must prioritize experimentation that quantitatively incorporates the influence of non-chemical stressors to enhance the predictability of chemical-driven effects at the population level and beyond. Here, perspectives on the challenge to transition experimental data to environmentally relevant scenarios are offered in an attempt to highlight the critical role of molecular ecotoxicology in protecting and supporting ecosystems threatened by chemical pollution.

**Keywords** Molecular ecotoxicology · Environmental influence · Chemical pollution · Ecology

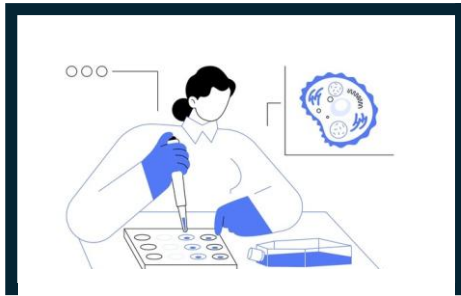


V SIMPOSIO INTERNACIONAL  
AGUAS CONTINENTALES  
DE LAS AMÉRICAS

# Una oportunidad única para **Guatemala** y países en desarrollo



- Escenarios idóneos para la implementación de metodologías alternativas y de bajo costo.
- Transición de sistemas de monitoreo ambiental limitados a herramientas con aplicabilidad global.
- Conexión directa de la relación humanos-ambiente.



Desarrollo de capacidades y establecimiento de infraestructura



Integración de estudios (muestreo) de campo y análisis toxicológicos con sistemas celulares (bioacumulación)



Análisis de riesgo sobre exposición y consumo de material contaminado



## Connecting knowledge and action: Recommendations to leverage Guatemala's scientific diaspora to address water management challenges

*“Una propuesta nacional para la integración de científicos y profesionales guatemaltecos residiendo en el país y en el extranjero, instituciones publicas y privadas, y comunidades locales con el conocimiento ancestral sobre el manejo y gobernanza de los recursos hídricos en Guatemala.”*

**Marco E. Franco, Ph.D.**

*Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnologia Actuatica – Eawag*

*Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad Rafael Landívar*



marco.franco@eawag.ch



/marcoefranco