

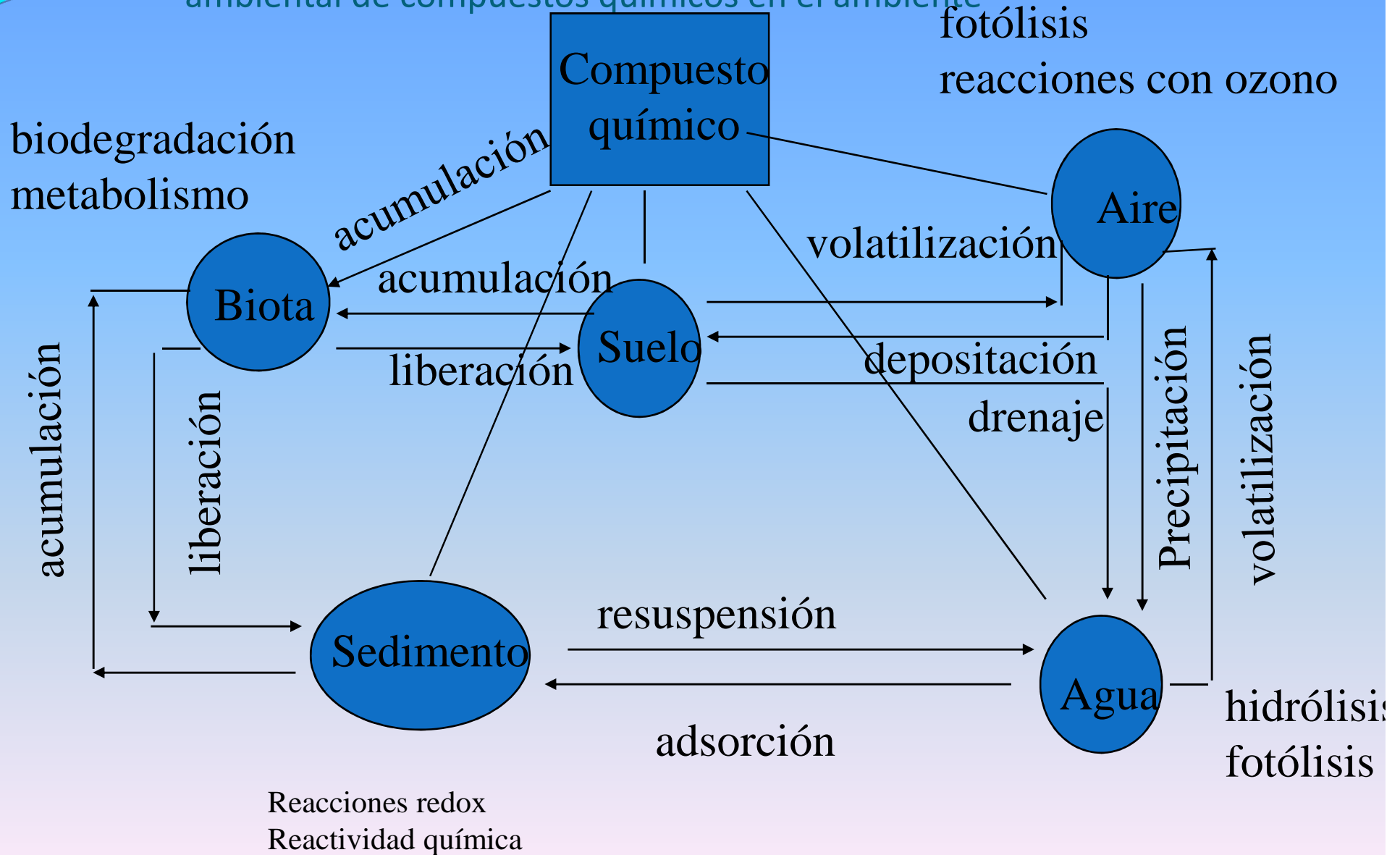
Evaluación del Riesgo Ecológico

Francisco Encina Montoya

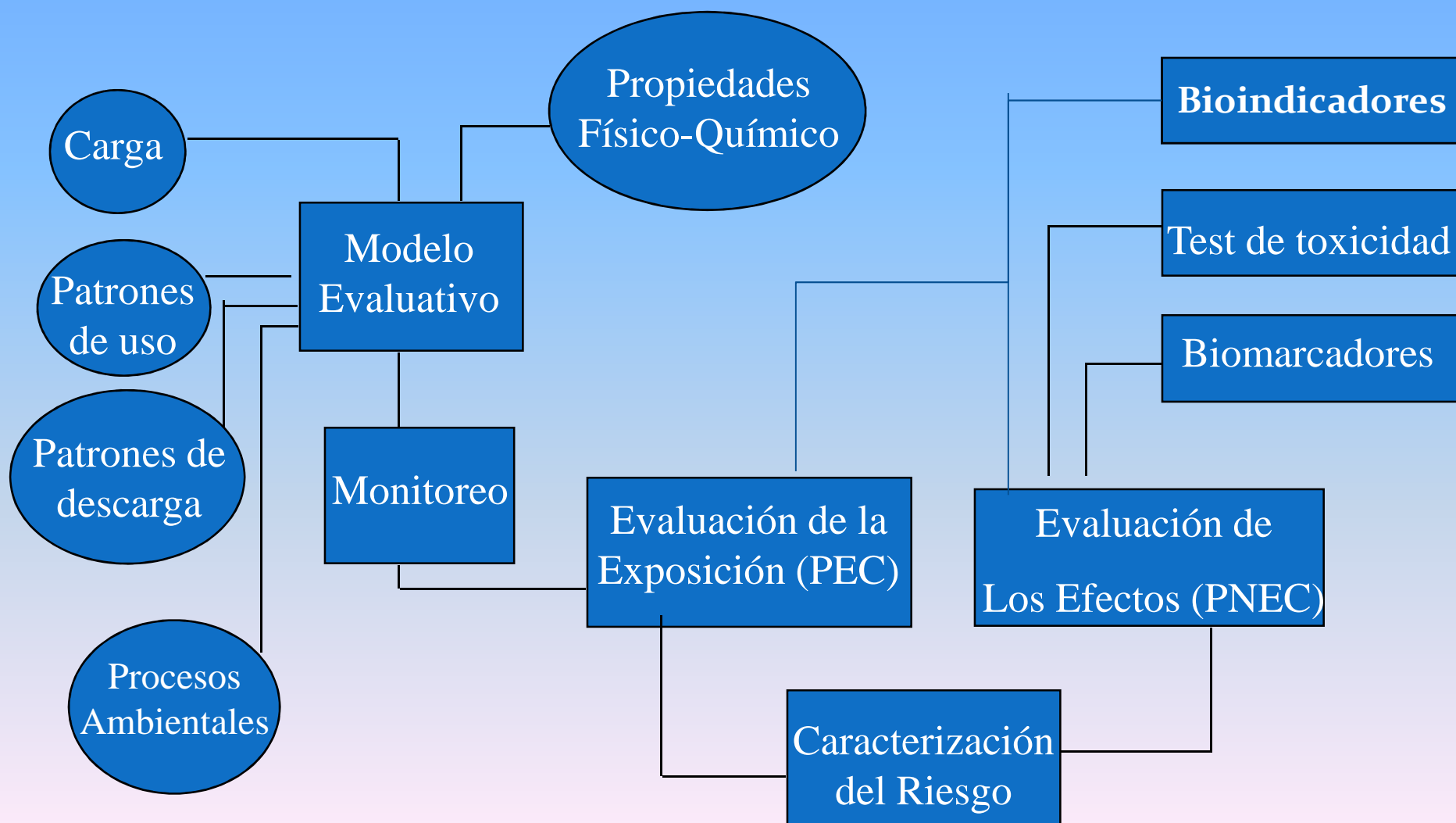
Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental
Universidad Católica de Temuco

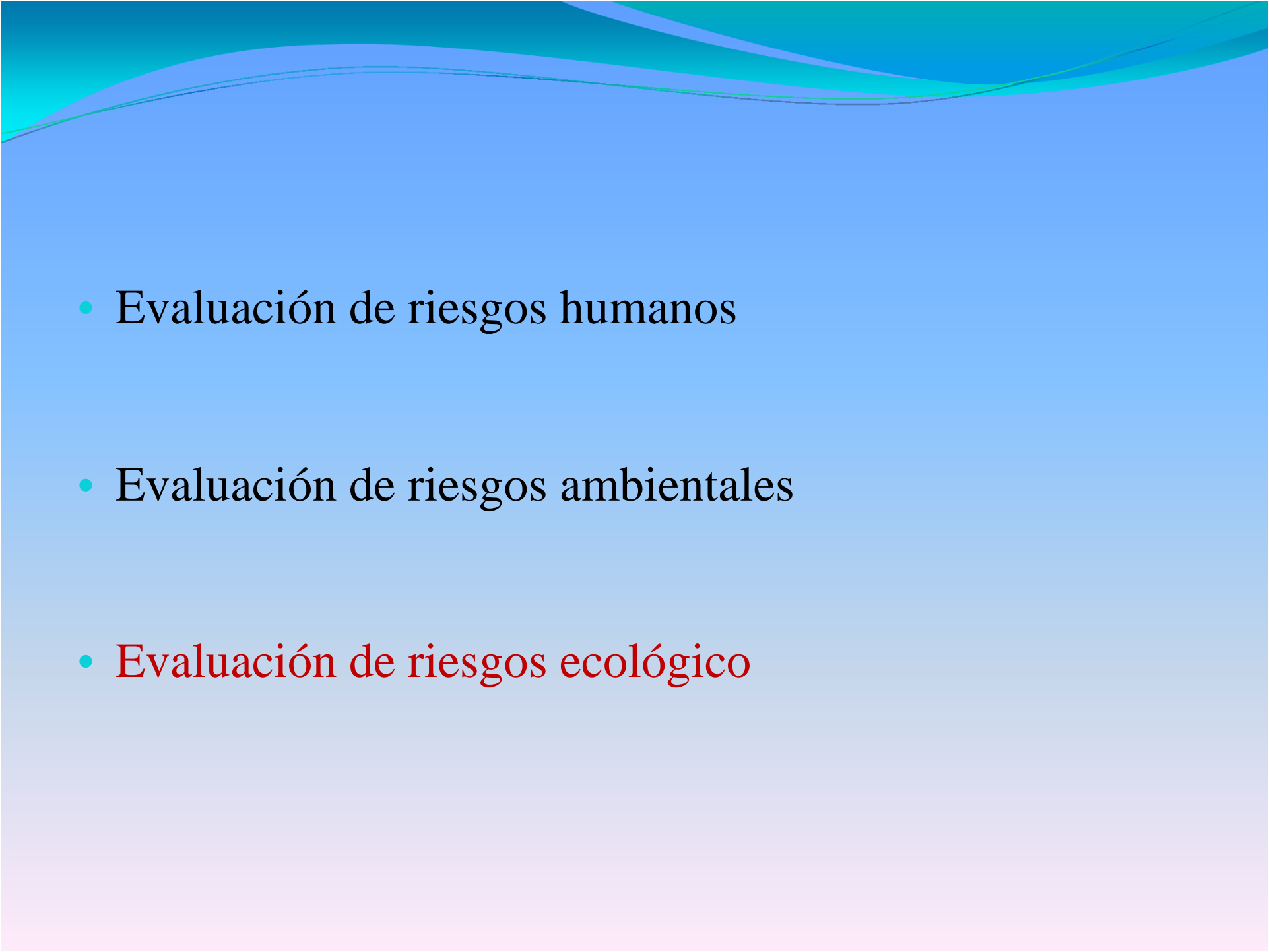
Developing indicators to determine the effect of pesticides, heavy metals and
emerging contaminants on continental aquatic ecosystems important to agriculture
and agroindustry (ARCAL CXXXIX)

Patrones de transporte y transformación que regulan el destino ambiental de compuestos químicos en el ambiente



Aproximaciones Ecotoxicológicas para el Estudio del Riesgo de los Contaminantes



- 
- Evaluación de riesgos humanos
 - Evaluación de riesgos ambientales
 - Evaluación de riesgos ecológico

Evaluación de Riesgo Ambiental

Definición:

- Procedimiento sistemático para la predicción del potencial riesgo sobre humanos y el medio ambiente.
- Proceso en el que se predice si podría haber un efecto negativo en el ambiente causado por una sustancia química. Las concentraciones de exposición son estimadas y comparadas con concentraciones sin efecto para diferentes compartimentos ambientales.

Evaluación de Riesgo Ecológico

- **La evaluación de riesgo ecológico** puede ser definida como el proceso de caracterización y estimación de la probabilidad de que hayan ocurrido, estén ocurriendo o vayan a ocurrir efectos adversos en sistemas ecológicos debido a actividades humanas (Cairns 1980, Suter 1995, USEPA 1998).

Peligro y Riesgo

- **Peligro** esta definido como el daño potencial que un agente contaminante puede producir,
- Sin embargo a la probabilidad de que este peligro llegue a expresarse en la practica dentro de valores de seguridad aceptable, se denomina **Riesgo**

Evaluación de Riesgo Ambiental

ERE:

- Considera riesgo en todas las especies presentes en el ecosistema estudiado. Gran diversidad taxonómica.
- Efectos a niveles superiores de organización biológica
- *End-points* o variables de respuesta distintos para cada especie
- Escala temporal variable
- Exposición (por lo general) por contacto externo

ERH (A):

- Considera a solo una especie
- Efectos solo a nivel individual
- *End-points* o variables de respuesta definidos
- Escala temporal definida (i.e. 70 años)
- Múltiples vías de exposición

Evaluación de Riesgo Ambiental

En Europa según definición del problema:

- **Evaluación de riesgos predictiva:** (Predictive RA)
- **Evaluación de riesgos para monitorización:** (Monitoring RA)
- **Evaluación de riesgo escalonada o por niveles** (tiered RA):
- **Evaluación de riesgos específica de emplazamientos** (site-specific RA)
- **Evaluación de riesgos orientada** (targeted RA):
- **Evaluación de riesgos parcial:** (partial RA)
- **Evaluación de riesgos comparada** (comparative RA)
- **Evaluación de riesgos acumulada o combinada** (cumulative RA):
- **Evolución de riesgos integrada** (integrated RA)



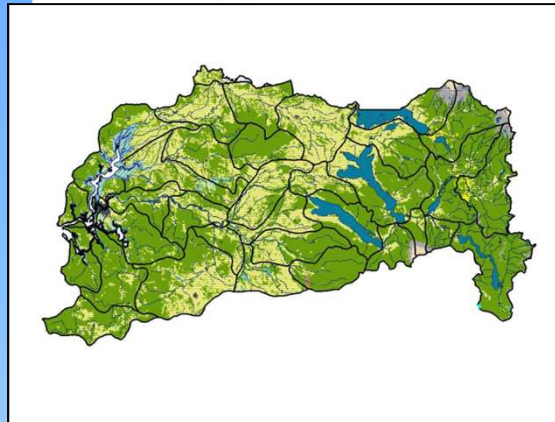
**¿Las concentraciones
están dentro de
márgenes aceptables?**

**¿Pueden estos
vertidos afectar
los sistemas
acuáticos?**

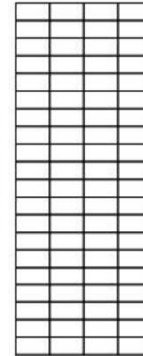
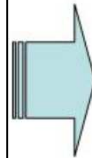


¿Hay un peligro actual o futuro?

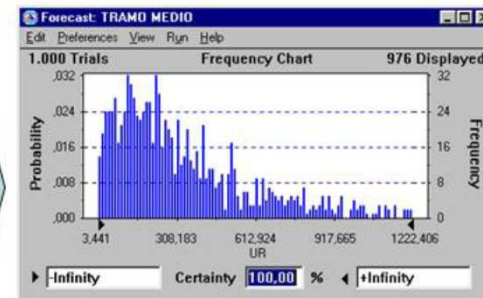
PROBLEMÁTICA



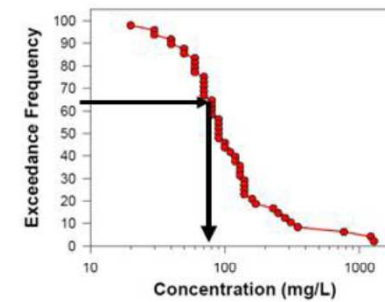
MONITOREO



MEDIDAS

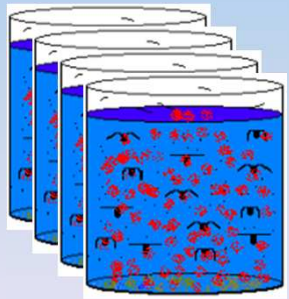


DISTRIBUCIÓN

**PERCENTIL 66****VALOR SELECCIONADO**

¿El valor seleccionados protege los ecosistemas acuáticos?

Niveles de organización biológica



Bottom- up

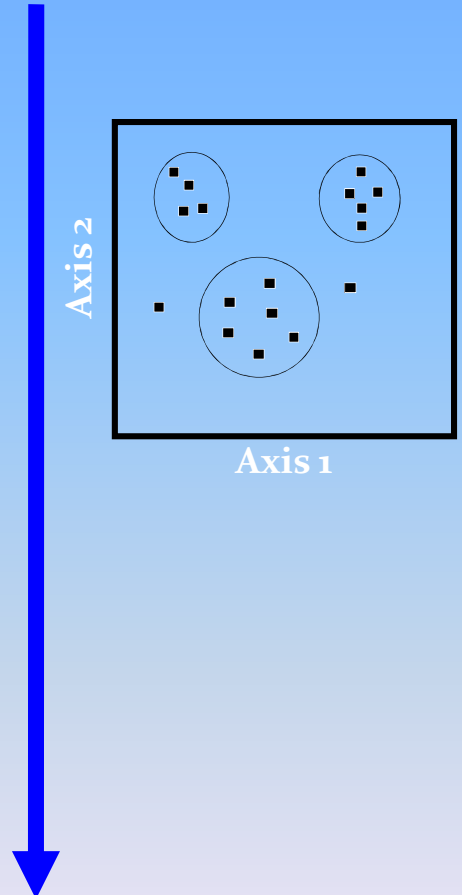


Comunidad

Población

Individuo

Top- down



Aproximaciones para estimar efectos

Variación de riqueza y abundancia

- **Abundancia**
- **Biodiversidad**

Respuestas poblacionales

- **Parámetros demográficos**
- **Parámetros fisiológicos (individuos)**

Perturbaciones de largo plazo

- **Adaptación fisiológica**
- **Adaptación genética**

Risk communication

- Involves all stakeholders
- Defines risks in a broader context
- Clarifies RA policy in advance

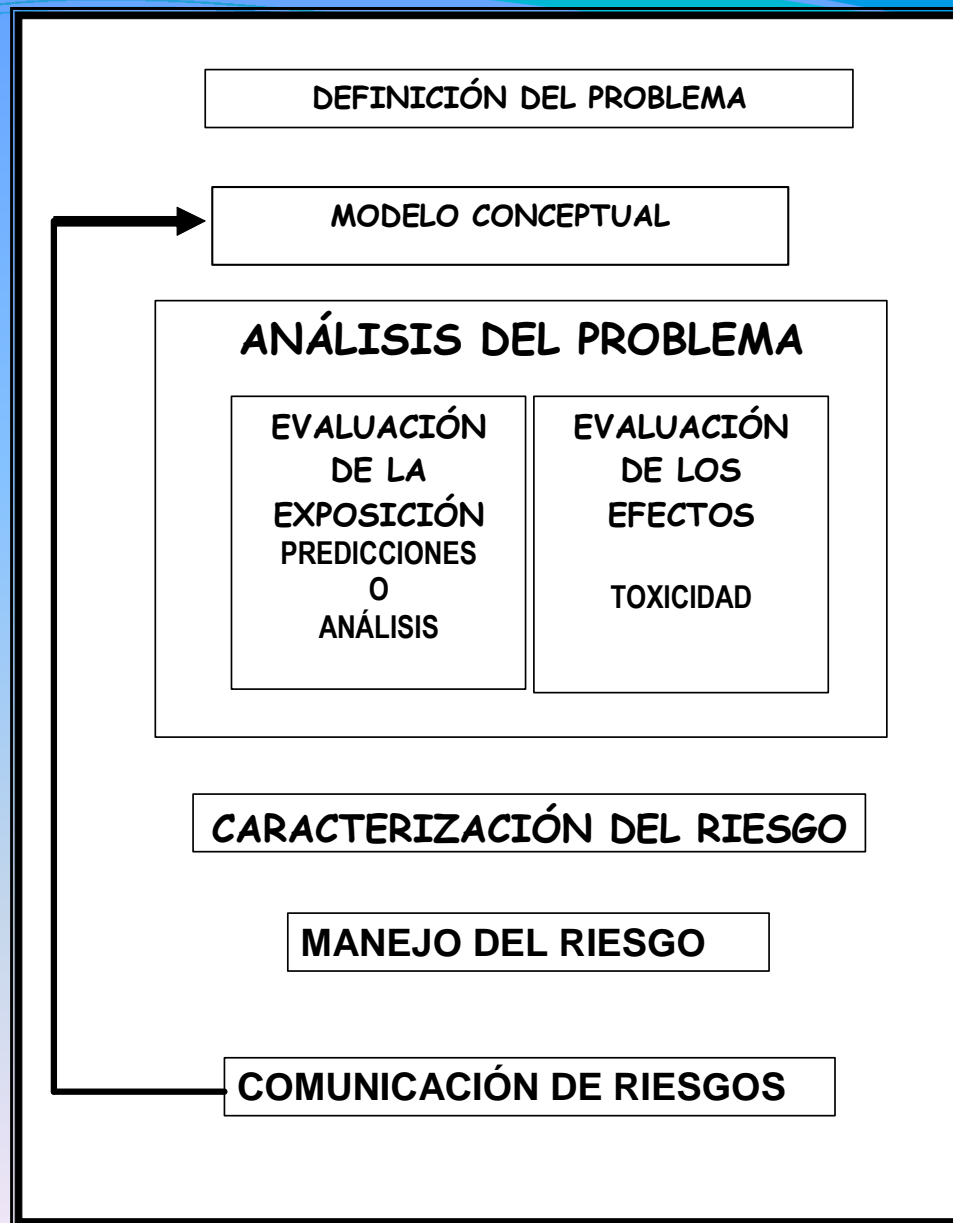
Risk assessment

- Hazard identification
- Exposure assessment
- Effects assessment
- Risk characterization

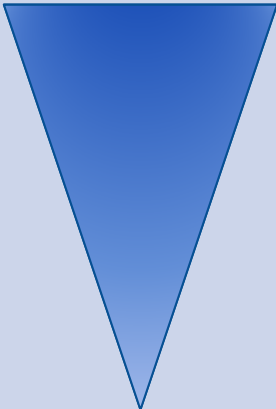
Risk management

- Risk classification
- Risk benefit analysis
- Risk reduction
- Monitoring and review





Tiers o etapas (escalones) en la Evaluación de Riesgo

<i>Tier</i> (Etap a)	Descripción	Variable de respuesta	Incertidumbr e acumulada
1 (A)	Pruebas de toxicidad Aguda (corta duración, <96 hrs)	Mortalidad	
2 (B)	Pruebas de toxicidad Crónica (Exposiciones prolongadas >96 hrs)	Efectos sub- letales	
3 (C)	Estudios Simulados de Campo	Efectos poblacionales y comunitarios	

**¡Sólo si se determina que existe
riesgo se da paso a un *Tier* superior!**

Planeamiento entre asesor y administrador del riesgo

Identificación de los estresores

Identificación de peligros

Identificación de escenarios de exposición

Identificación de efectos ecológicos

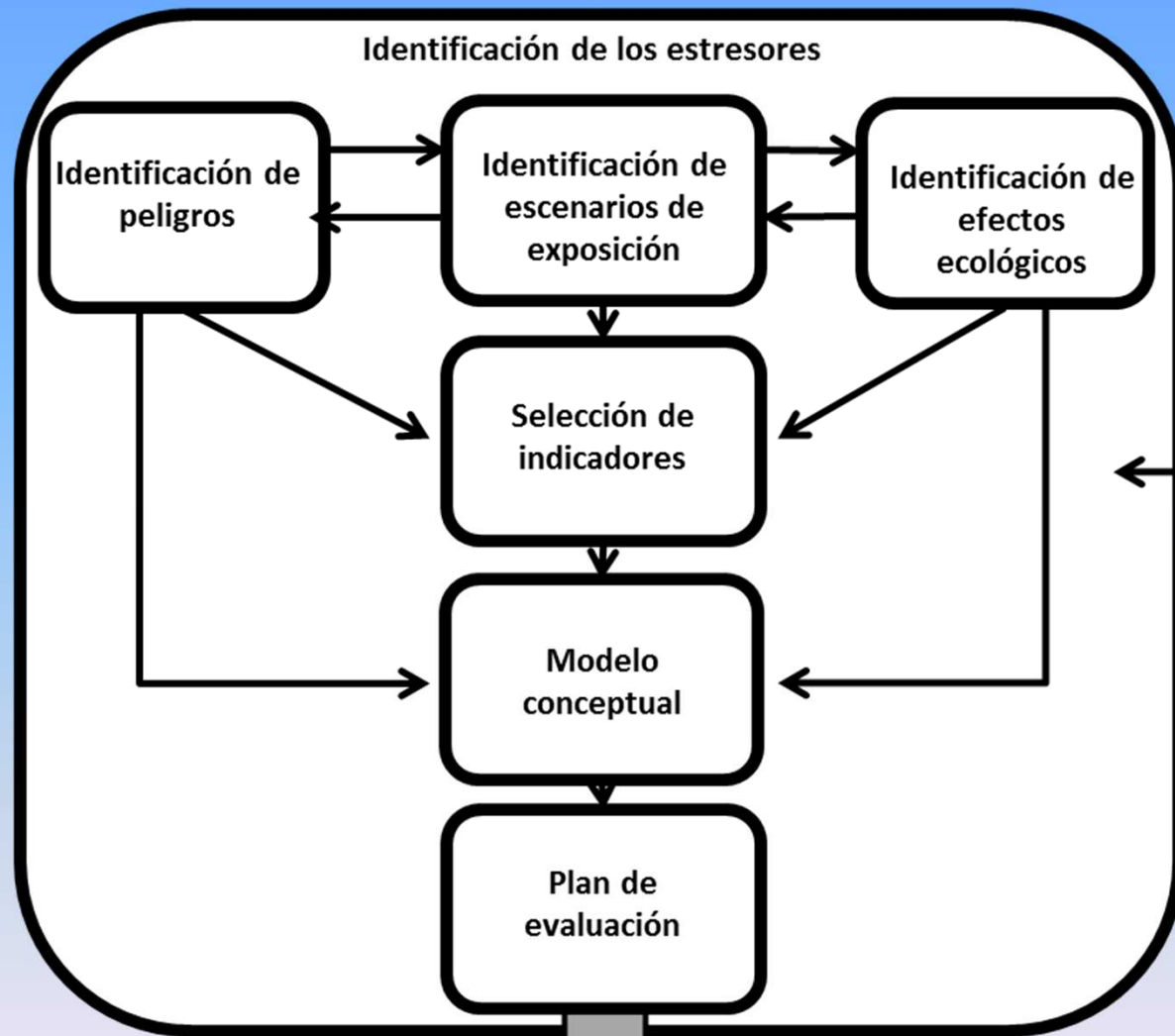
Selección de indicadores

Modelo conceptual

Plan de evaluación

Recopilación de Información, Verificación y Monitoreo

Hacia Fase 2: Análisis



Escenario Agrícola



Escenarios Posibles

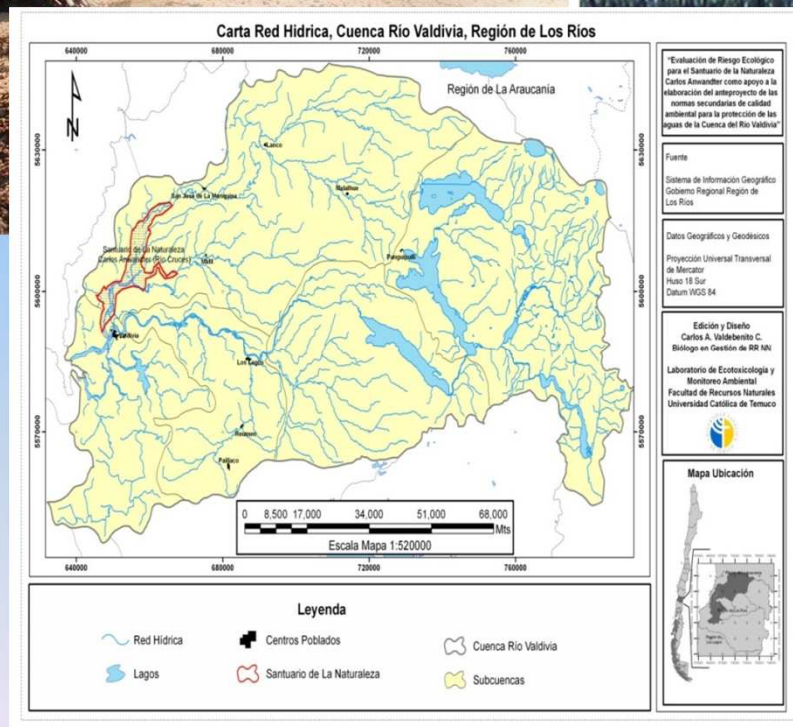
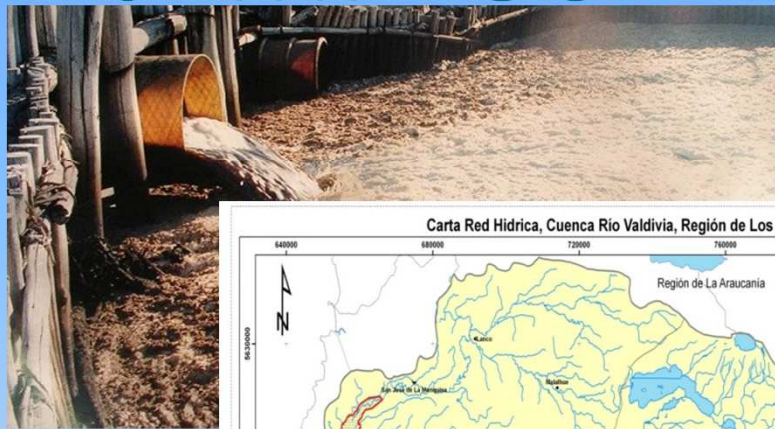
VALORACION DE LA EXPOSICION

- Aplicación directa: Dosis de aplicación
- PEC suelo: Inicial y ponderada en el tiempo.
- PEC agua superficial: Inicial y ponderada en el tiempo.
- PEC agua profunda: Media anual

VALORACION DE LOS EFECTOS

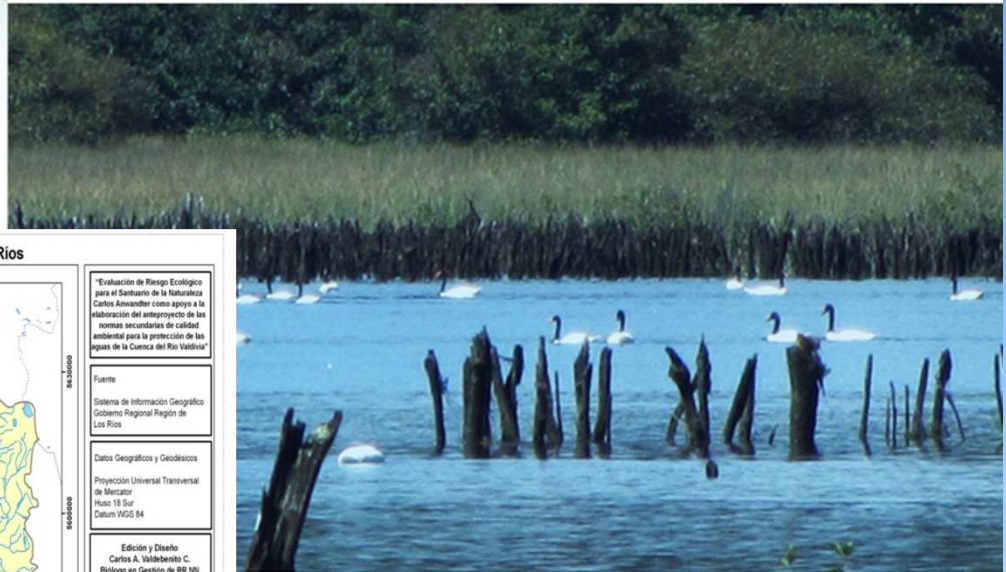
- Vertebrados terrestres, Abejas, Artrópodos beneficiosos
- Lombriz de tierra, microorganismos, plantas.
- Peces, invertebrados, algas, plantas acuáticas. Bioconcentración.
- Criterio de protección: SER HUMANO 0,1 µg/l

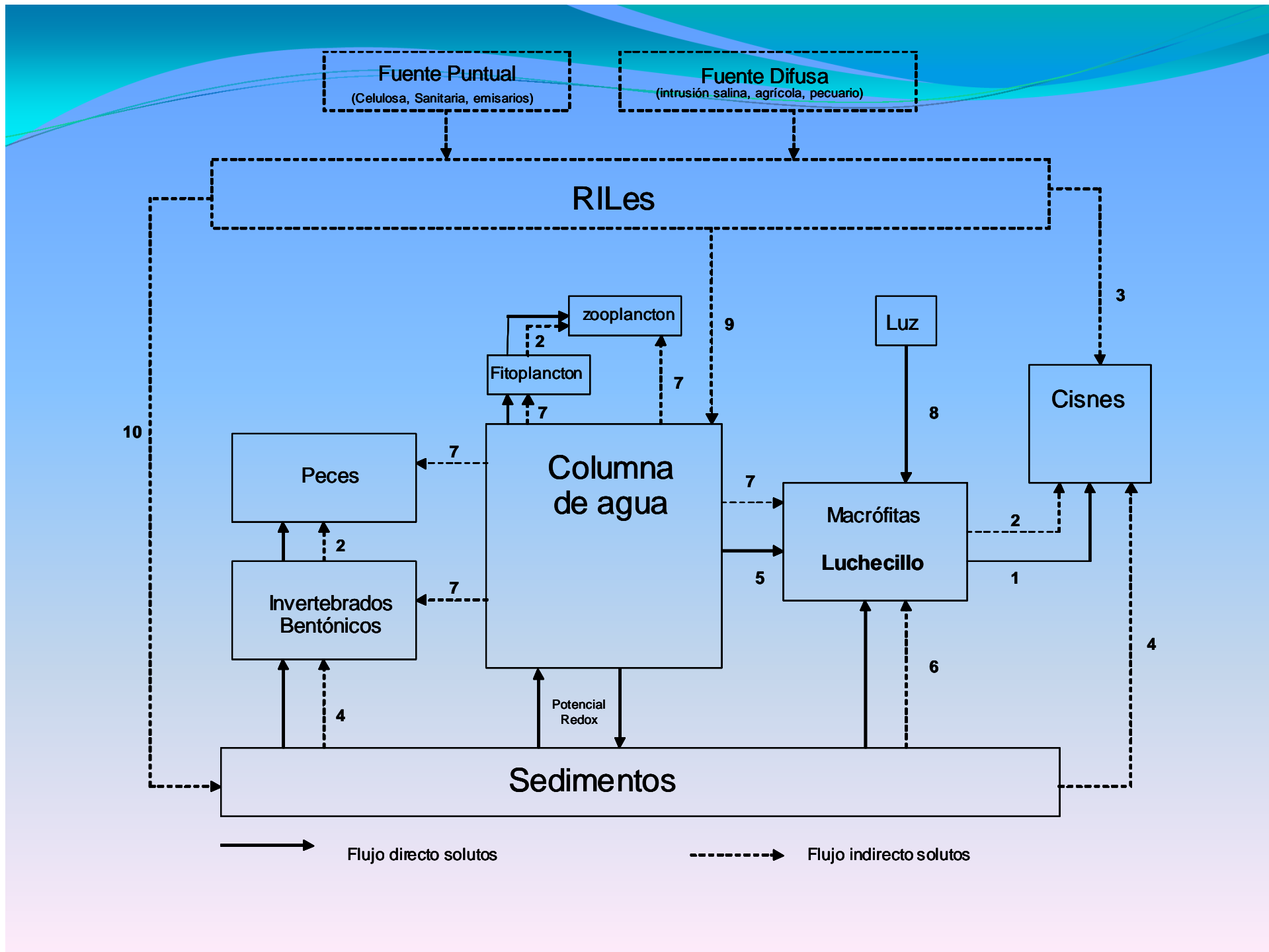
EJEMPLOS

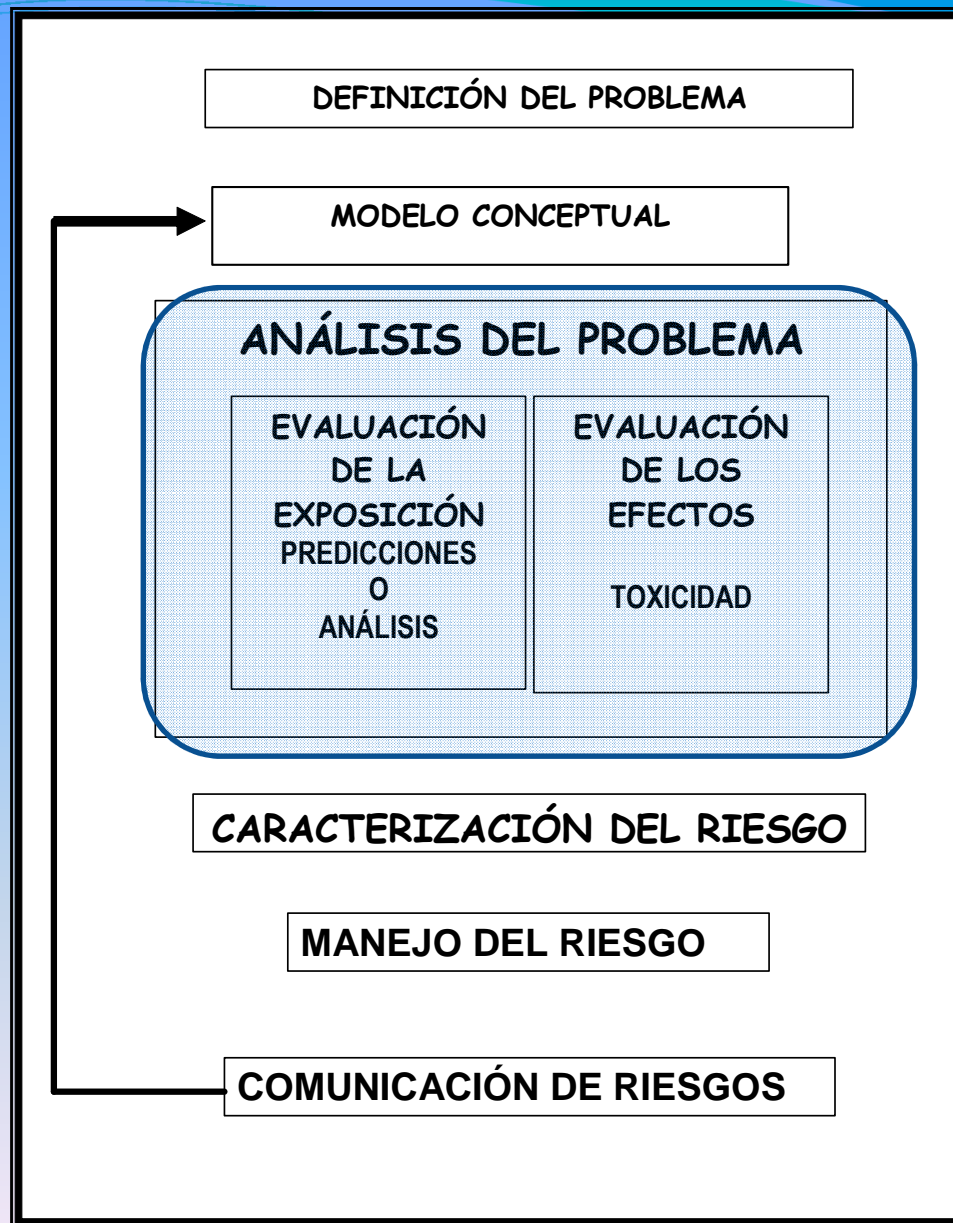


NOTICIAS Y CONTINGENCIA CHILE

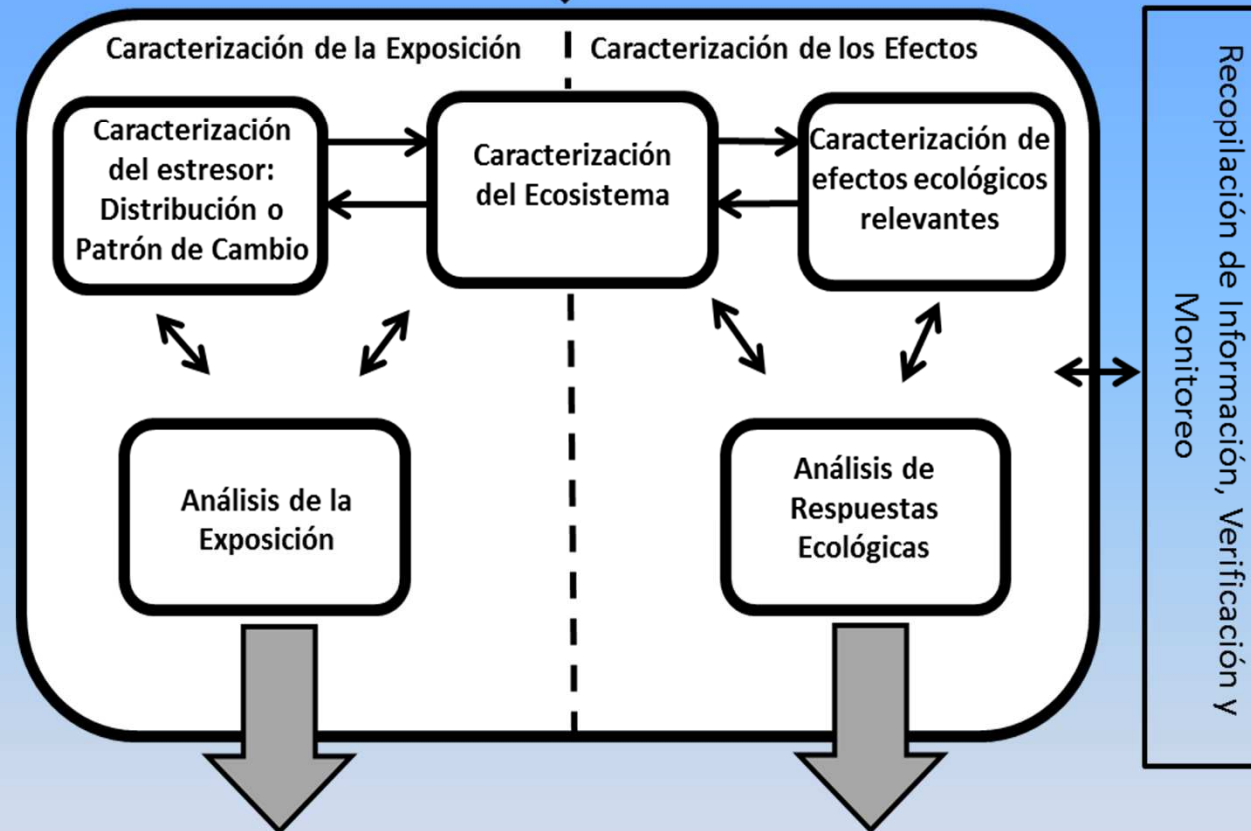
CELCO Chile es condenada por muerte de cisnes en Valdivia





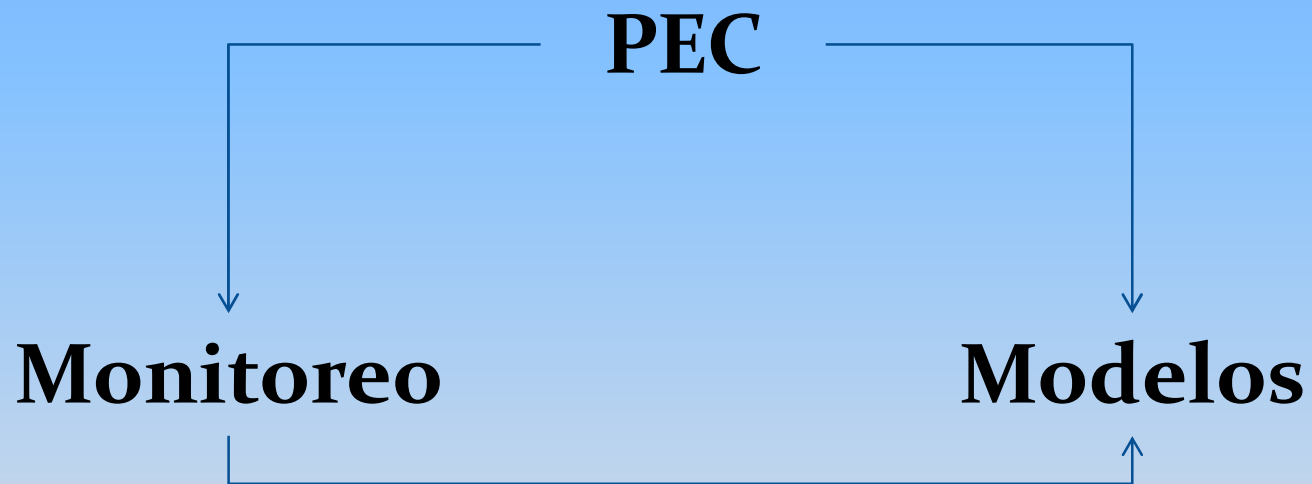


Desde Fase 1: Formulación del problema

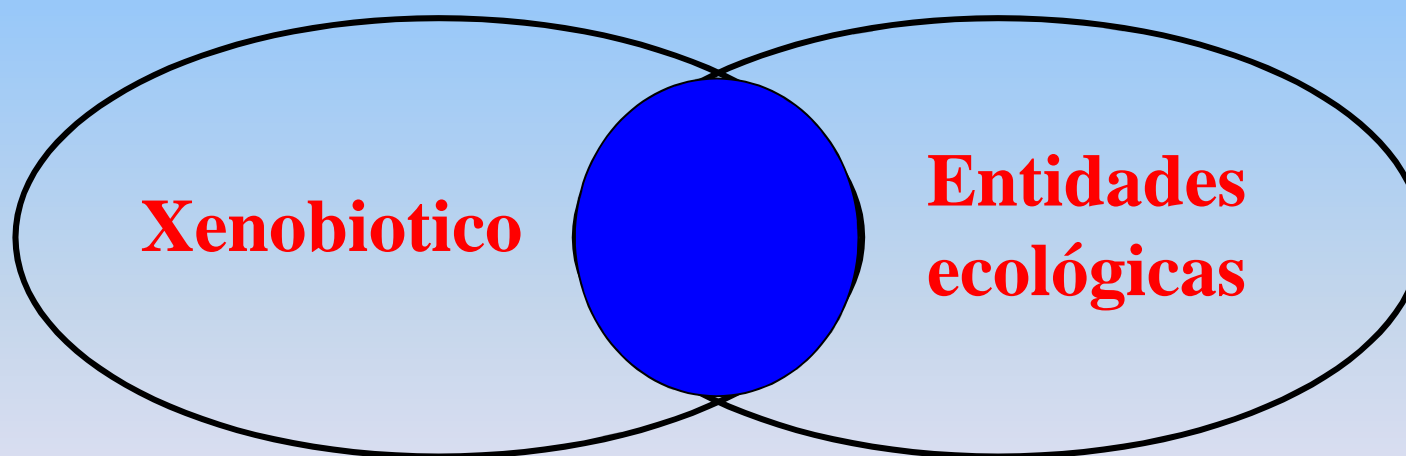


Hacia Fase 3: Caracterización del Riesgo

Evaluación de la Exposición (PEC)



- **EVALUACION DE LA EXPOSICION (PEC):**
 - Evaluación de la interacción potencial, co-ocurrencia o contacto de los agentes estresantes con uno o más entidades ecológicas (Norton et al. 1995, USEPA 1998).

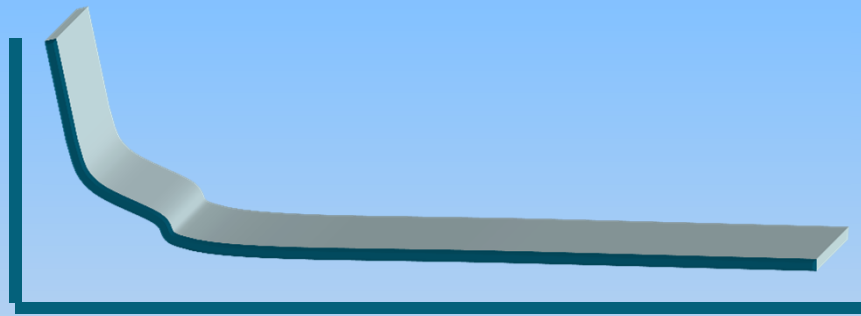




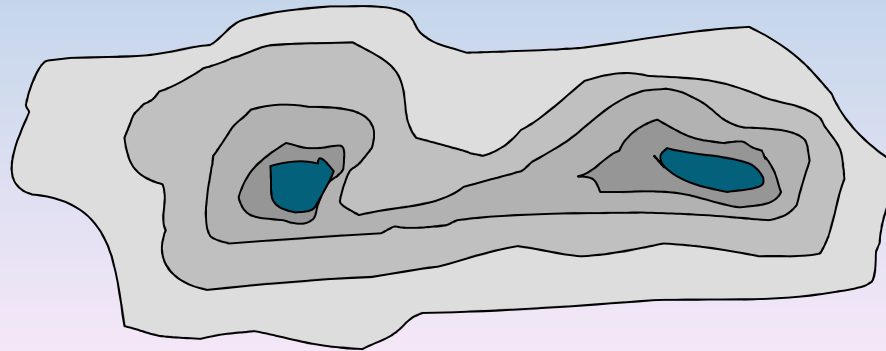
Aspectos Fundamentales a Considerar

- **Intensidad de la exposición.**
- **Temporalidad.**
- **Dimensión espacial de la exposición.**

- PEC Máxima.
- Evolución de la PEC



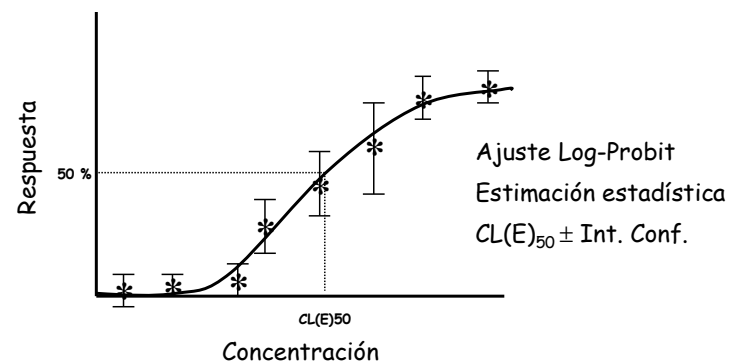
- Mapa de la Distribución de la Contaminación.



Evaluación de los Efectos



Cálculo de $CL(E)_{50}$





- La estimación de la concentración sin efectos ecológicos busca establecer la relación entre los agentes contaminantes y los efectos adversos producidos en un sistema ecológico determinado (Norton et al. 1995, USEPA 1998).

Efectos Letales

- Mortalidad.
 - Especies.
 - Hábitat.
 - Estado Fisiológico.



Efectos Crónicos

- Retraso en el Crecimiento.
- Malformaciones.

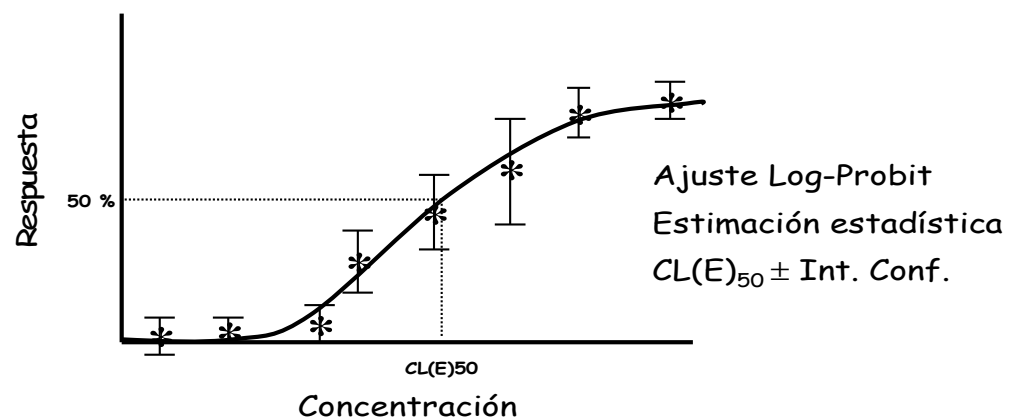


Efectos Crónicos

- Problemas en la Reproducción.
- Efectos Sobre el Sistema Inmunológico.



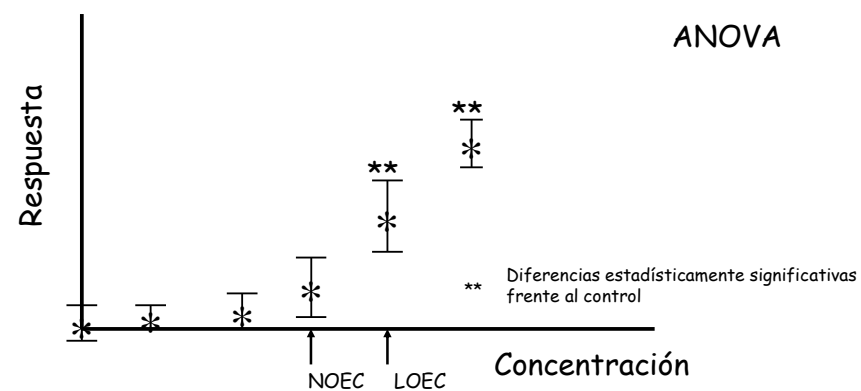
Cálculo de $CL(E)_{50}$



Estimación de NOEC y LOEC:

"No Observed Effect Concentration" (NOEC)

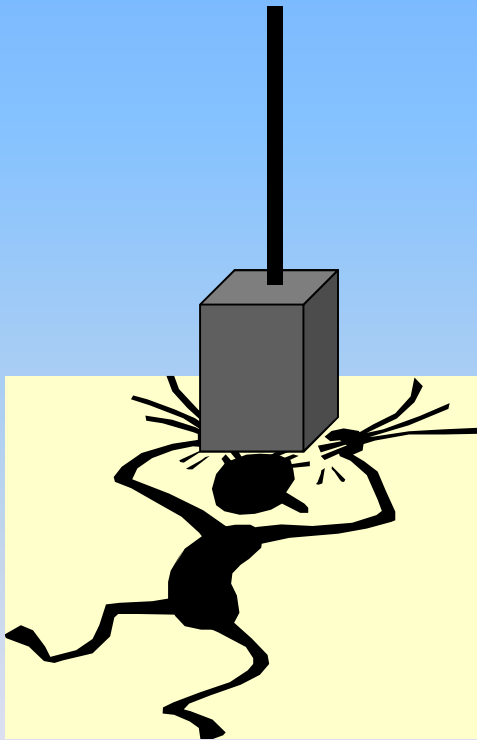
"Lowest Observed Effect Concentration" (LOEC)



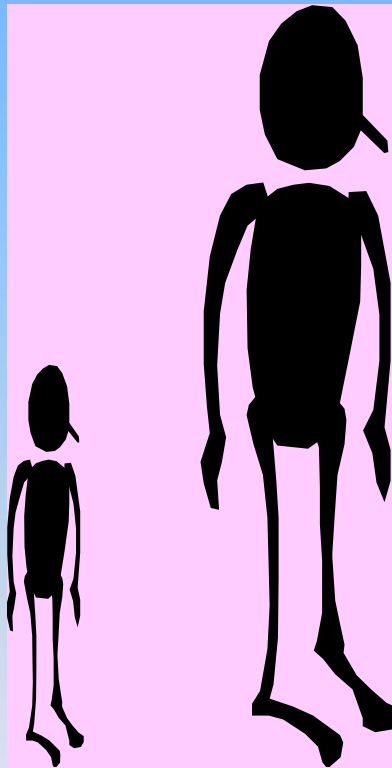
Efectos – Estructura y Función de los Ecosistemas

- **Ensayos sobre una sola especie:**
 - Agudos
 - Crónicos
- **Ensayos multiespecie:**
 - Microcosmos
 - Mesocosmos
- **Ensayos de campo y semicampo:**

Efectos Relevantantes para el Ecosistema



MORTALIDAD



CRECIMIENTO



REPRODUCCION

Protocolos para especies estándar

- OECD: *Test Guidelines* (Ambientes terrestres y acuáticos)
- ISO
- ASTM
- EPA
- Otros

(dáfnidos, chironómidos, microalgas, copépodos, peces, erizos, abejas, lombriz, plantas, etc)

Estimación de los Efectos

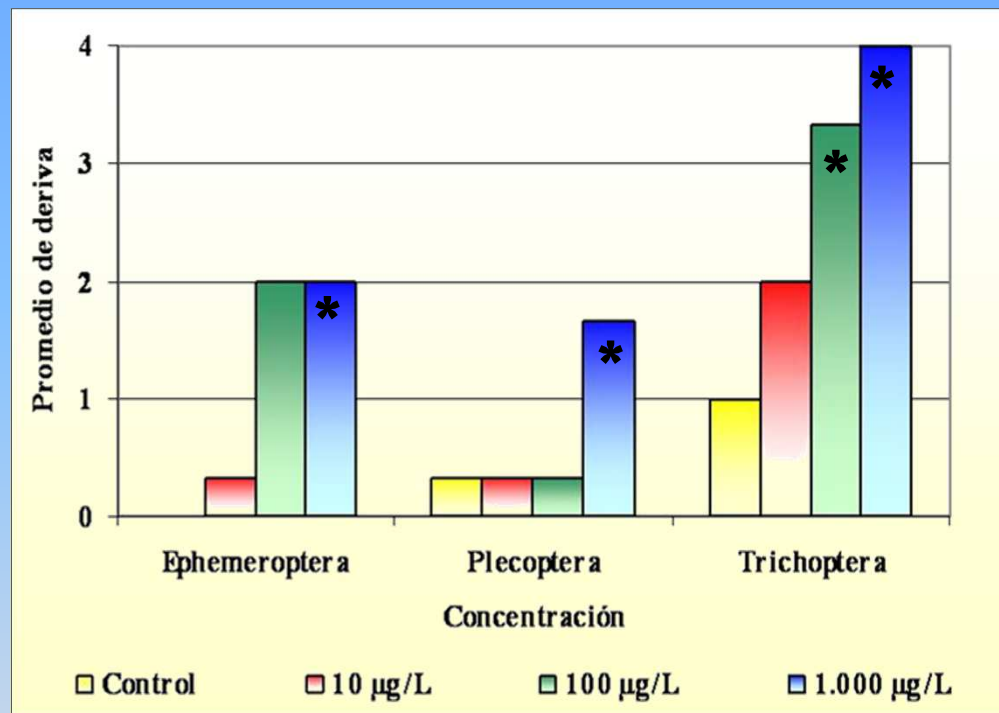
Organismos Acuáticos: Frecuentes

- **Algas:**
 - **Algas verdes:** inhibición crecimiento 72H (CE₅₀ y NOEC)
- **Invertebrados:**
 - ***Daphnia magna*:** movilidad 48h CE₅₀ reproducción 21 d NOEC
- **Peces:**
 - **Mortalidad:** 96H CL₅₀
 - **Crecimiento:** 28d NOEC
 - **Early-life-cycle:** CA. 30-60d NOEC
 - **Reproducción:** CA 3-24m NOEC

Mesocosmos



- Trichoptera presenta una mayor respuesta en la deriva de 100 y 1.000 $\mu\text{g/L}$.



*= $p < 0,05$

- Schulz & Liess (2000) y Brenemann & Pontash (1994) demostraron un aumento en la deriva de los macroinvertebrados bentónicos al ser expuestos a pesticidas presentes en el cuerpo de agua en forma acuosa o incorporada al sedimento.

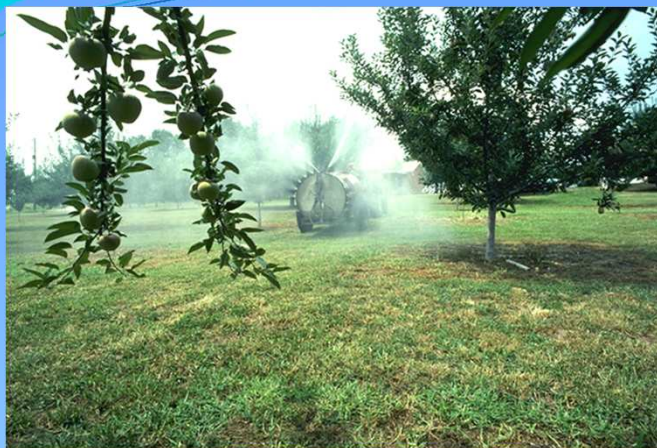
Características de las especies

Las especies deben ser representativas en relación a:

- **función ecológica (nivel trófico)**
- **ruta de exposición**

Las especies deben:

- **ser fáciles de mantener bajo condiciones de laboratorio**
- **ser fáciles de alimentar y criar**
- **poseer un ciclo de vida corto**
- **estar presentes en diferentes lugares del mundo**
- **contar con una extensa base de datos sobre su biología y fisiología**

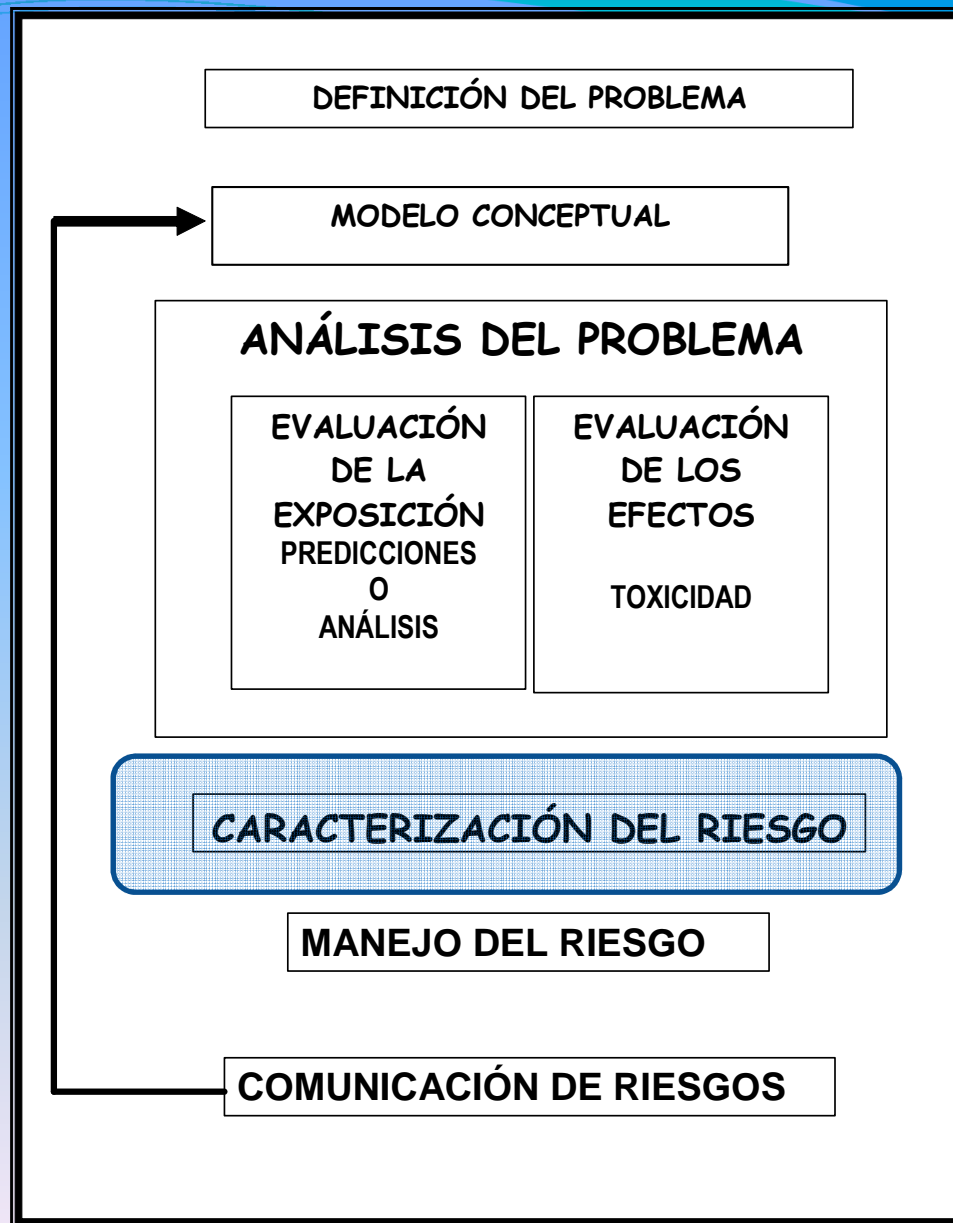


EVALUACIÓN DE LA
EXPOSICIÓN

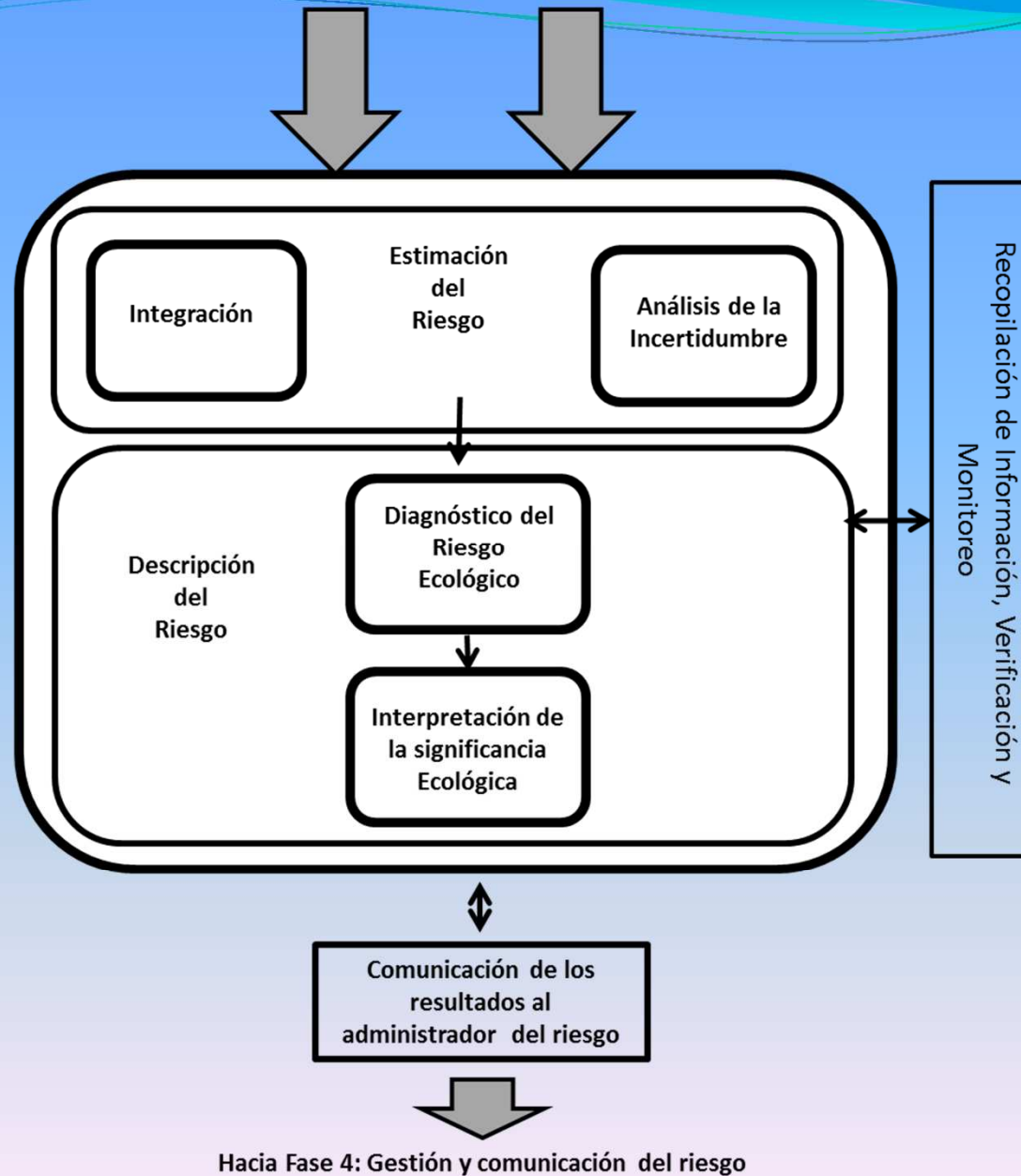


EVALUACIÓN DE LOS
EFECTOS

CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS



Desde Fase 2: Análisis



Caracterización del Riesgo

Estimación cuantitativa o semicuantitativa de la incidencia y severidad de los efectos adversos probables sobre el medio ambiente debido a la exposición de una concentración real o estimada de una sustancia

Tiers o etapas (escalones) en la Evaluación de Riesgo

<i>Tier</i> (Etap a)	Descripción	Variable de respuesta	Incertidumbr e acumulada
1 (A)	Pruebas de toxicidad Aguda (corta duración, <96 hrs)	Mortalidad	
2 (B)	Pruebas de toxicidad Crónica (Exposiciones prolongadas >96 hrs)	Efectos sub- letales	
3 (C)	Estudios Simulados de Campo	Efectos poblacionales y comunitarios	

**¡Sólo si se determina que existe
riesgo se da paso a un *Tier* superior!**

Evaluación de Riesgo Ambiental

Determinístico

$$\underbrace{(x10, x100, x1000)}_{\substack{\bullet \text{Error} \\ \bullet \text{Ignorancia} \\ \bullet \text{Variabilidad} \\ \bullet \text{Estocasticidad} \\ \bullet \text{Falta de información}}} \times \left(\frac{\text{PEC}}{\text{PNEC}} \right) = \text{RQ}$$

$> 1 = \text{Riesgo}$

$< 1 = \text{No hay Riesgo}$

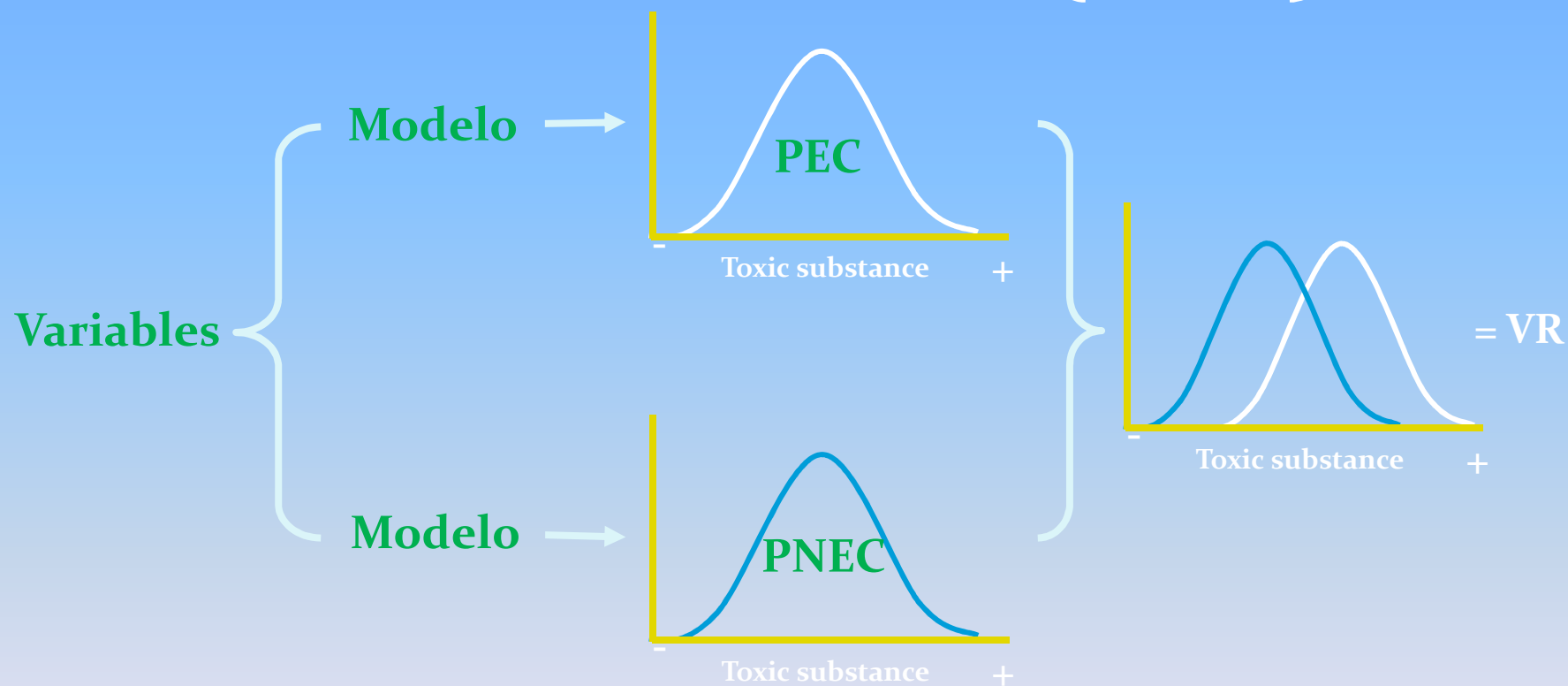
Caracterización del Riesgo

Información disponible		FS
Comisión Europea (1996)	OECD (1992)	
Al menos un dato de toxicidad aguda L(E)C50 de cada nivel trófico (peces, zooplancton y algas) de una base de datos.	Al menos un dato de toxicidad aguda L(E)C50 de una especie o el valor más bajo dos especies acuáticas.	1.000
Un NOEC (peces o zooplancton).	El valor de toxicidad aguda más bajo de una base de datos que posea como mínimo algas, crustáceos y peces.	100
Dos NOEC de especies representantes de dos niveles tróficos (peces y/o zooplancton y/o algas).		50
NOEC de al menos tres especies representantes de tres niveles tróficos.	NOEC más bajo de al menos una base de datos de algas, crustáceos y peces.	10
Datos de campo o modelos de ecosistemas		Se revisa caso a caso

Evaluación de Riesgo Ambiental

Probabilístico

$$\frac{PEC}{PNEC} = RQ$$



Riesgo:EJEMPLO

- Determinístico

EXPOSICION: PEC	Cobre Disuelto ug/L (POAL)
No. de observaciones	56
Mínimo	0.050
Máximo	5.880
Media	1.613
Desviación	1.562

EFFECTOS:PNEC (Bases de datos)	LC50 ug/L Cu
No. de observaciones	113
Mínimo	7.5
Máximo	8400.0
Media	733.1
Desviación	1658.4

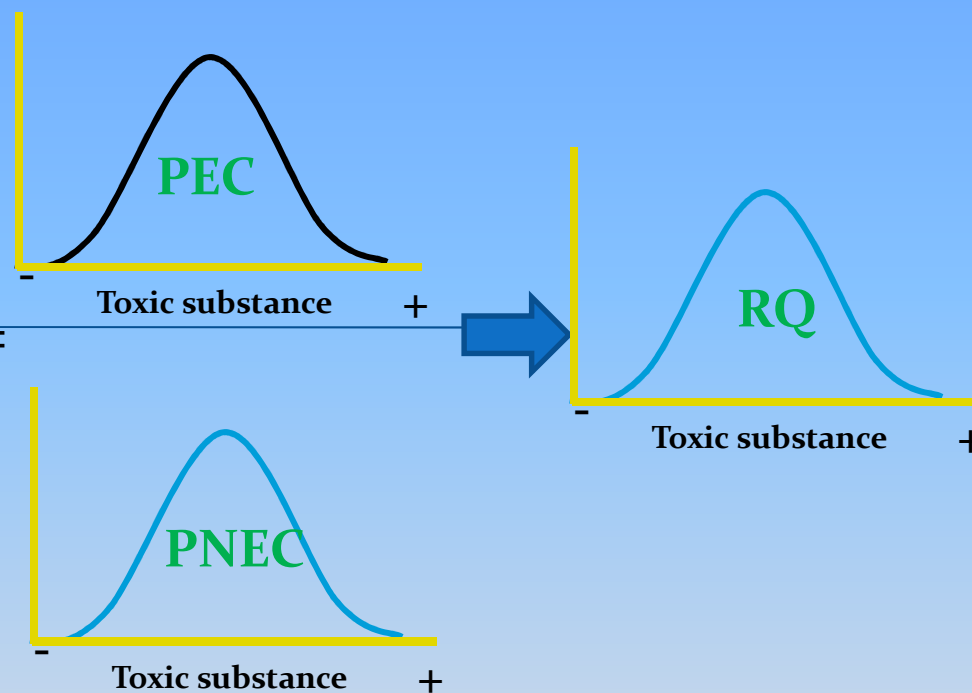
$$RQ = \frac{EXPOSICION}{EFECTOS} = \frac{PEC}{PNEC} = \frac{PEC}{\left(\frac{LC50}{FS}\right)} = \frac{5.8}{\left(\frac{7.5}{100}\right)} = 78.4$$

$RQ > 1 \rightarrow$ Riesgo

Evaluación de Riesgo Ambiental

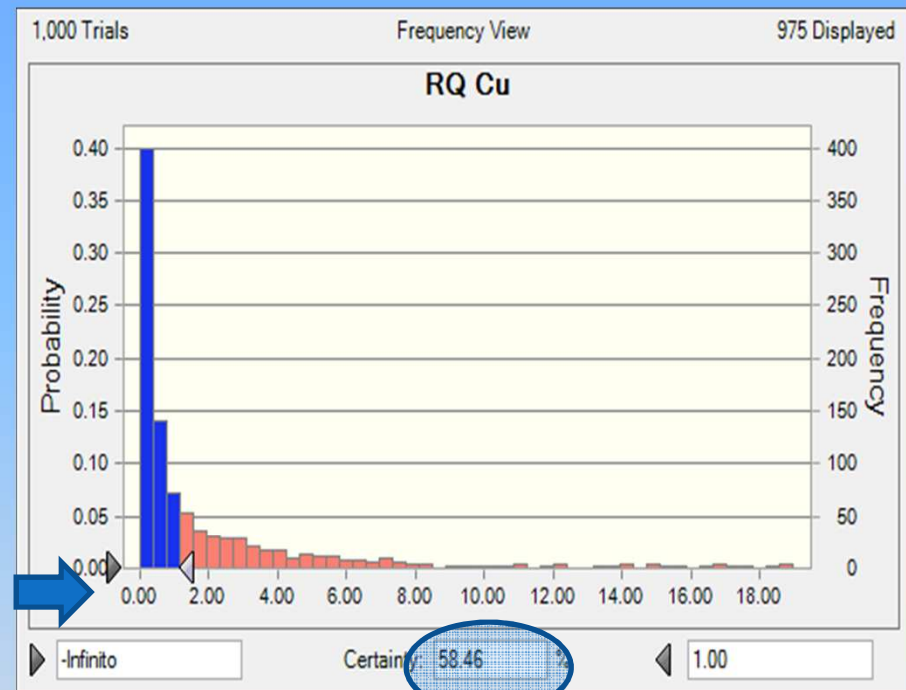
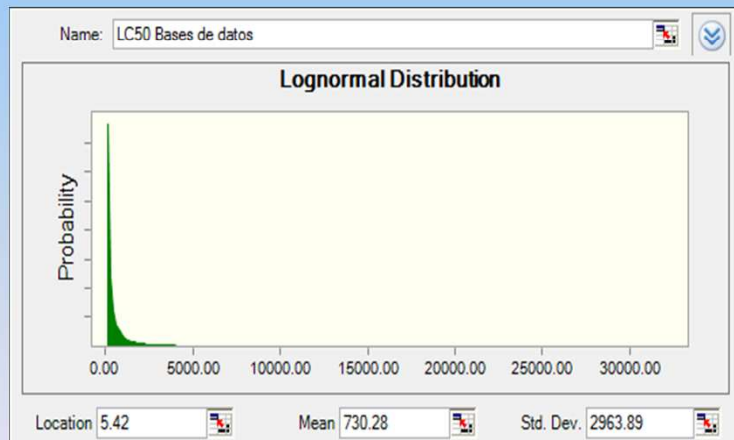
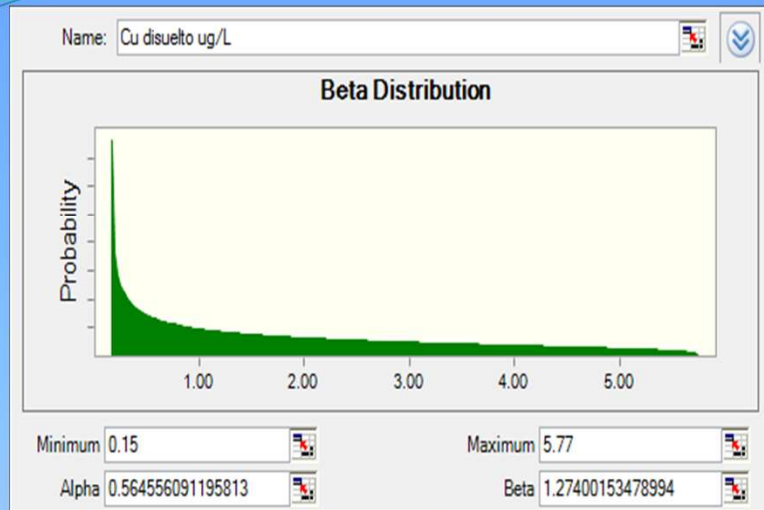
Probabilístico

$$RQ = \frac{EXPOSICION}{EFECTOS} = \frac{PEC}{PNEC}$$



Evaluación de Riesgo Ambiental

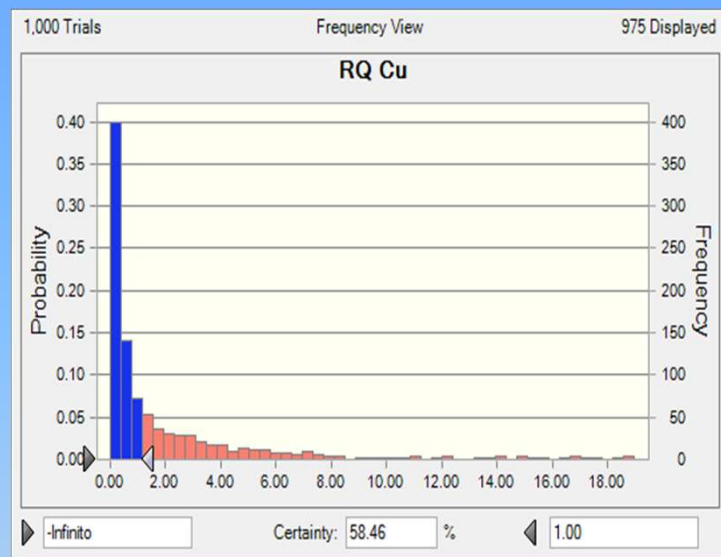
Probabilístico^{FS=100}



La probabilidad que el $RQ > 1$ es de un 58,46 %

Evaluación de Riesgo Ambiental

Probabilístico



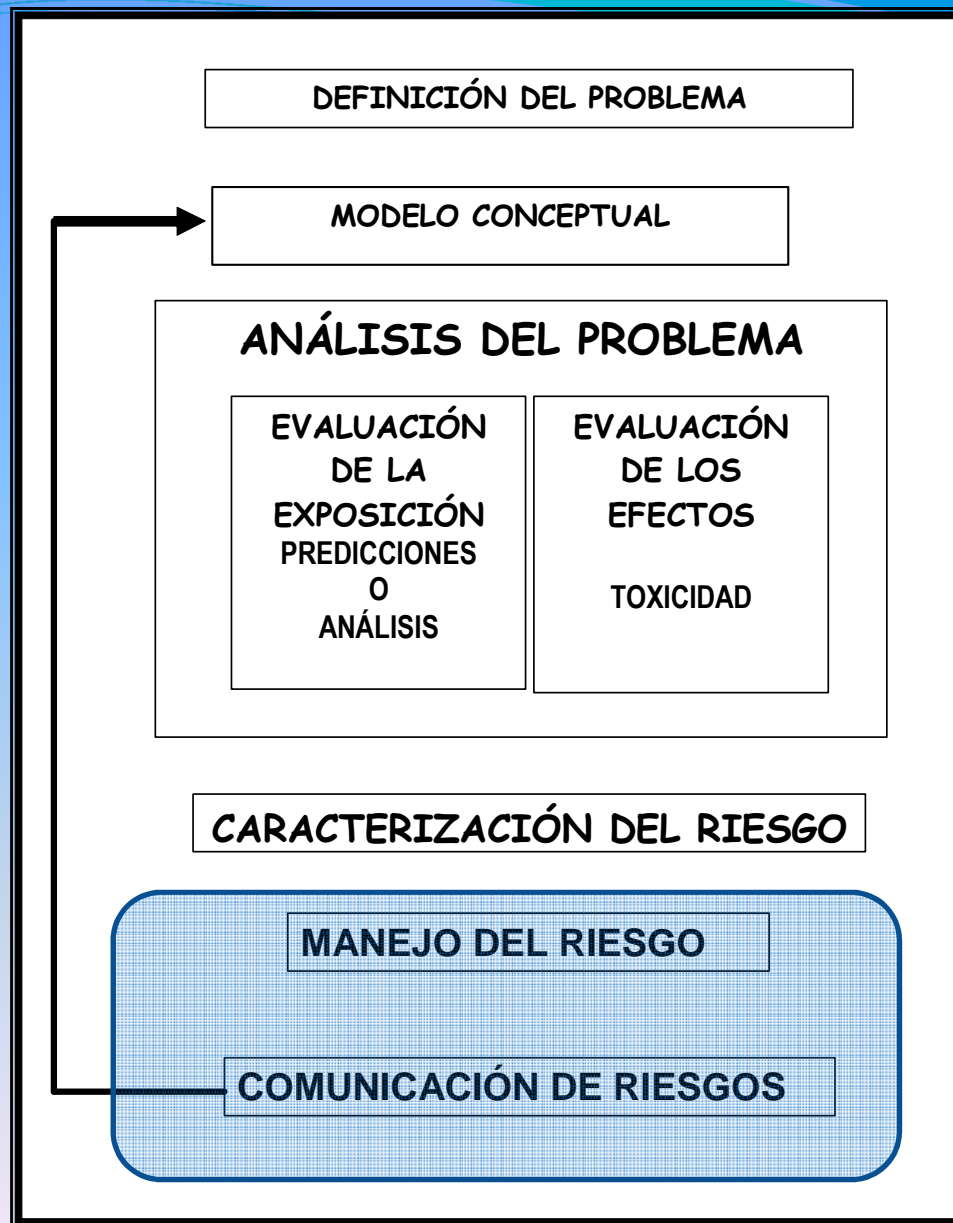
EXPOSICION: PEC	Cobre Disuelto ug/L (POAL)	% de especies protegidas FS=100
Mínimo	0.050	100%
Máximo	5.880	45%
Media	1.613	75%

Propuesta de Norma

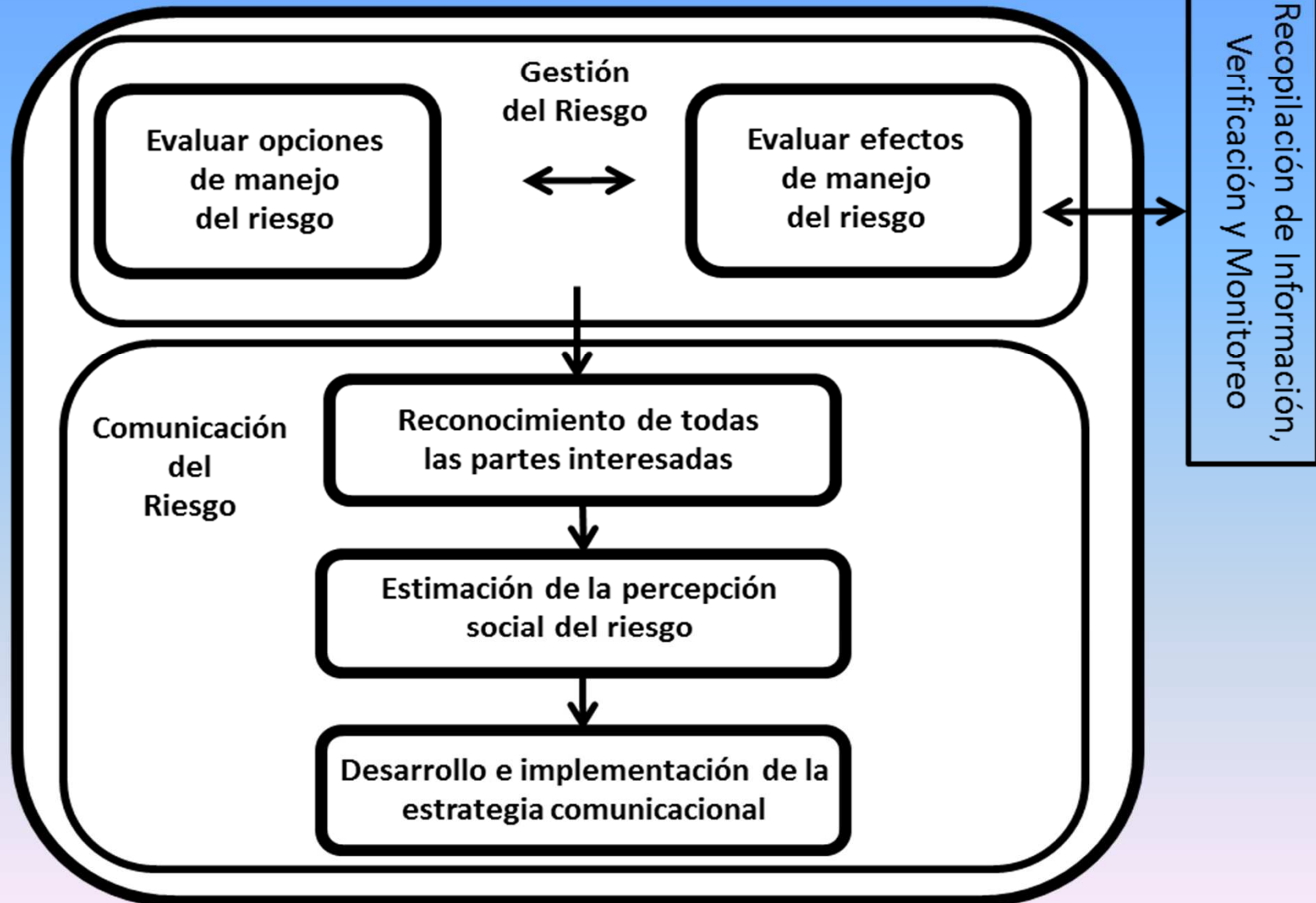
$$HC_{5\%} = 0.12$$



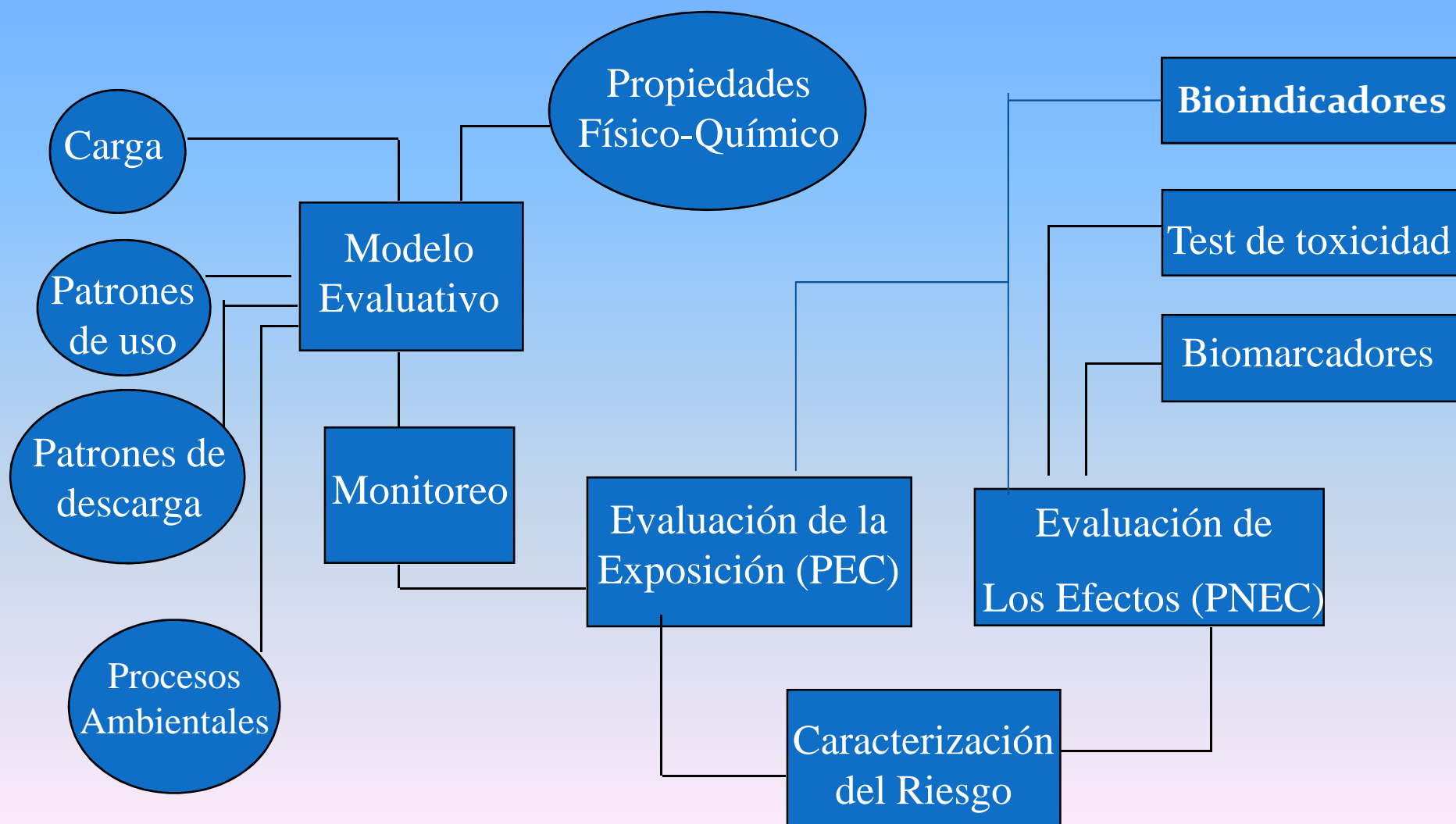
Acuerdo Público



Desde Fase 3: Caracterización del Riesgo



Aproximaciones Ecotoxicológicas para el Estudio del Riesgo de los Contaminantes





Gracias