

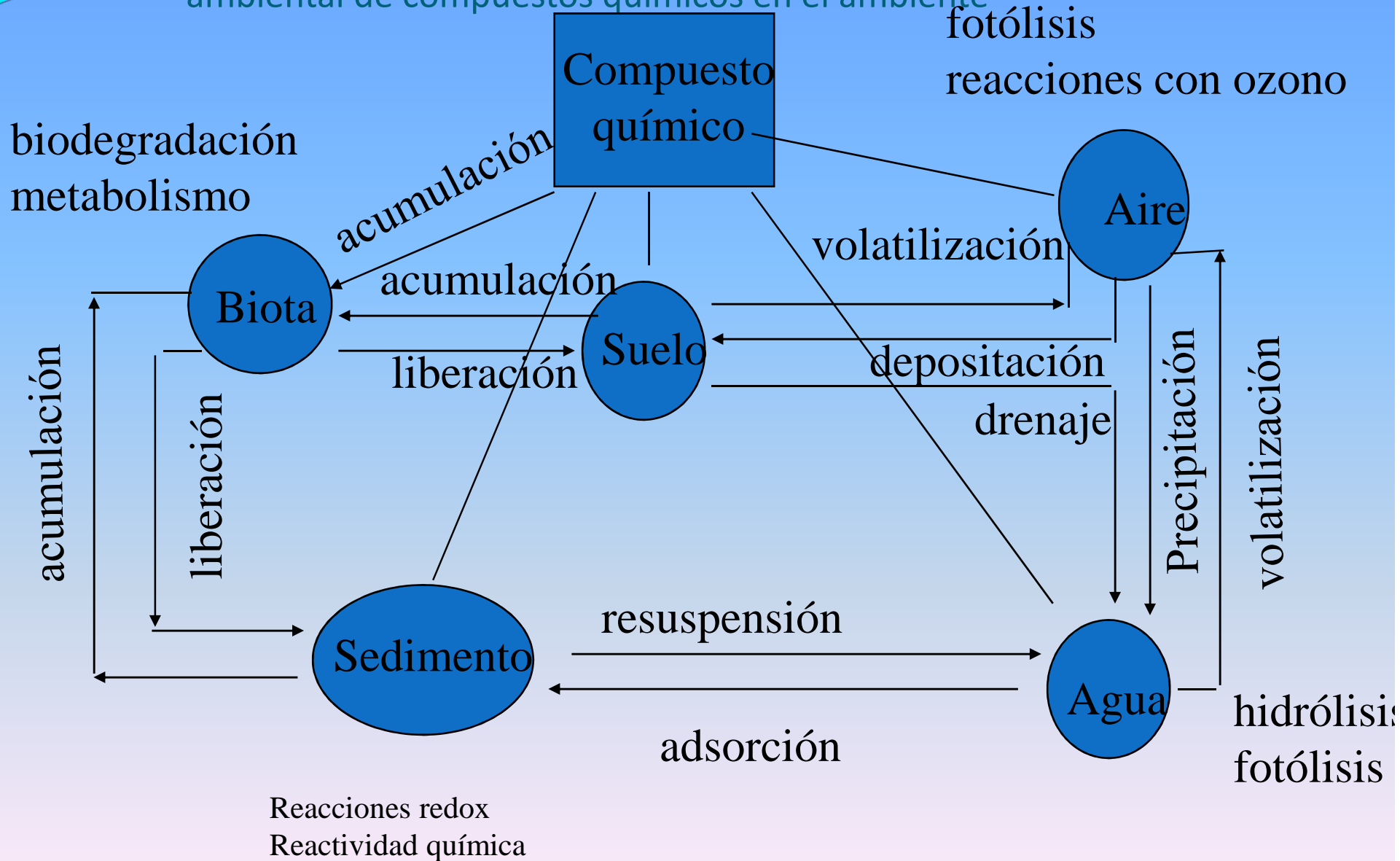
Evaluación del Riesgo Ecológico

Francisco Encina Montoya

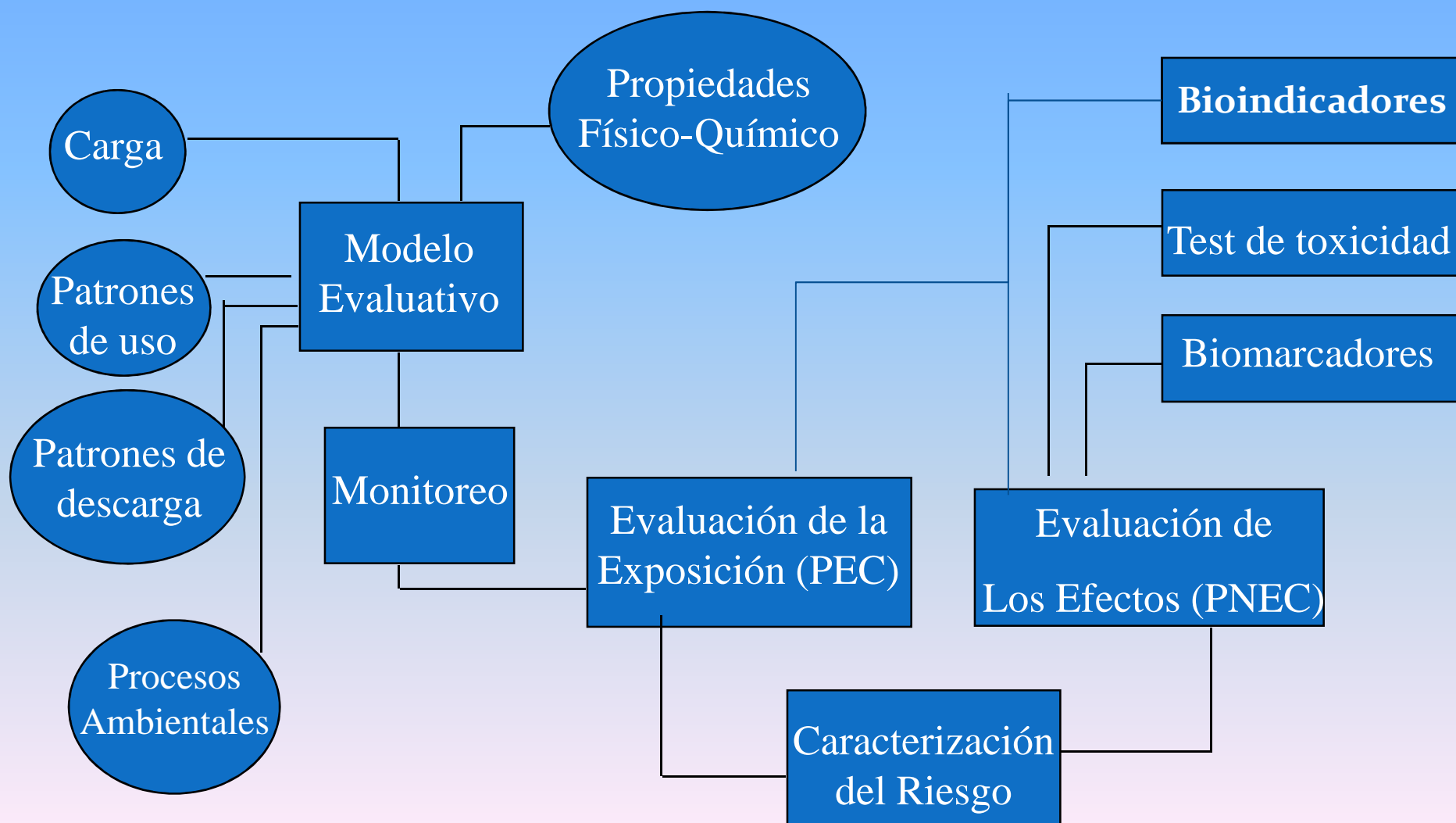
Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental
Universidad Católica de Temuco

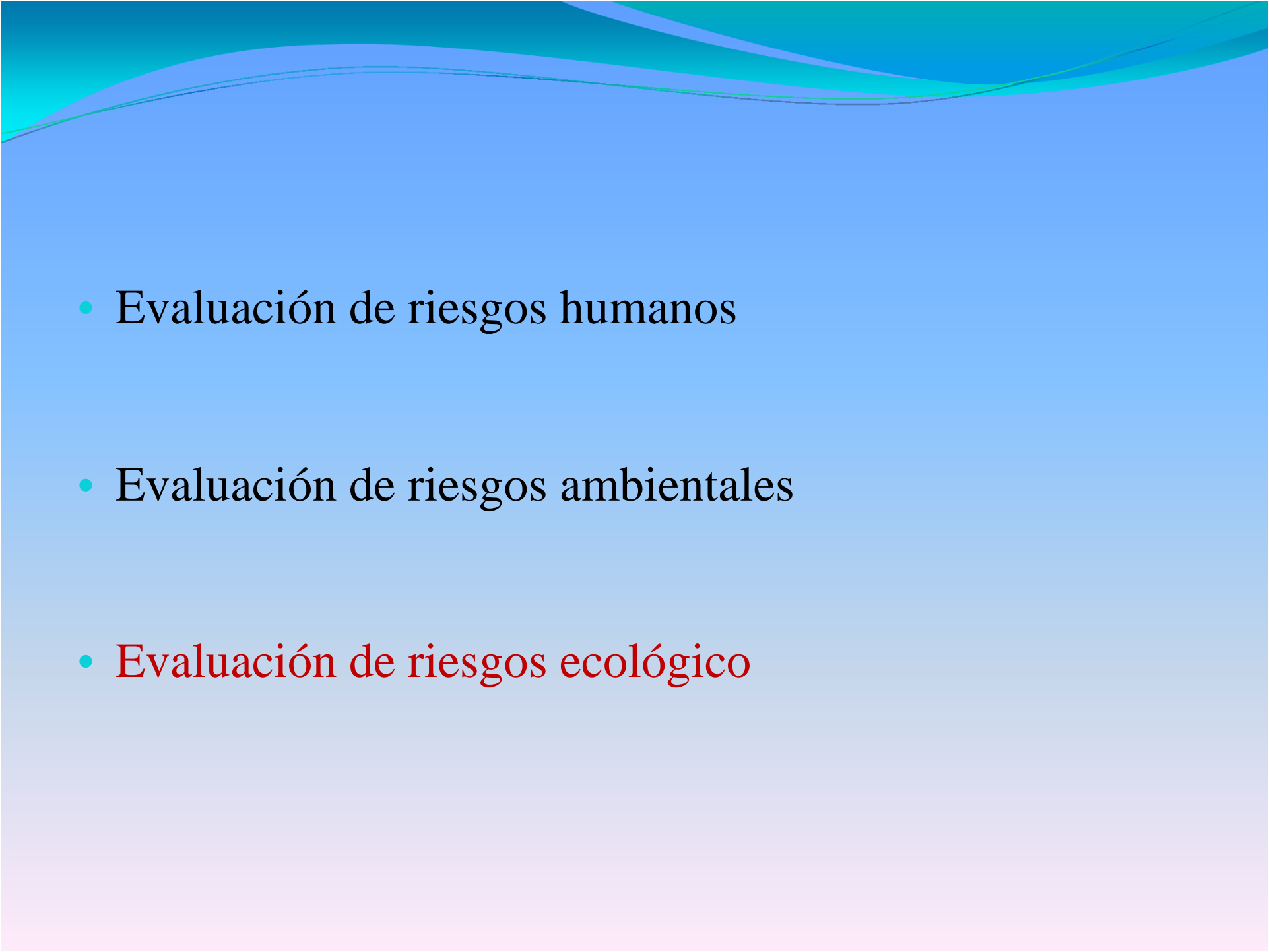
Developing indicators to determine the effect of pesticides, heavy metals and
emerging contaminants on continental aquatic ecosystems important to agriculture
and agroindustry (ARCAL CXXXIX)

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)



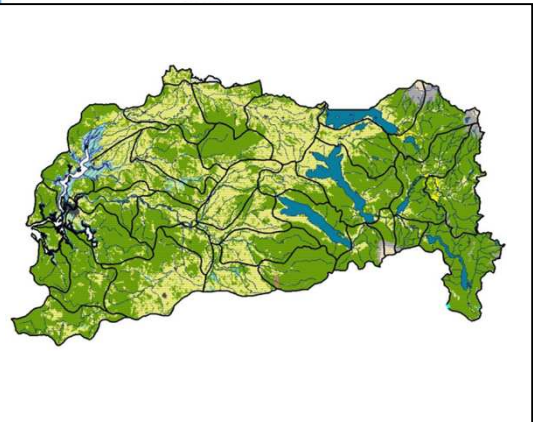
**¿Las concentraciones
están dentro de
márgenes aceptables?**

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



¿Hay un peligro actual o futuro?

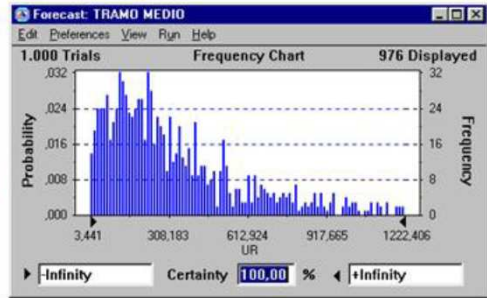
PROBLEMÁTICA



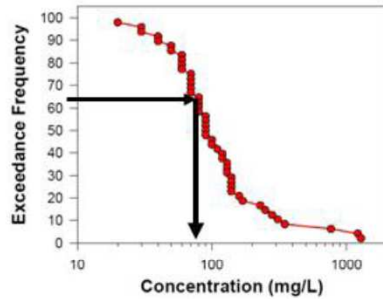
MONITOREO

[illegible]

MEDIDAS



DISTRIBUCIÓN

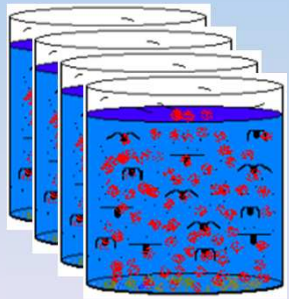


PERCENTIL 66

**VALOR SELECCIONADO**

¿ El valor seleccionados protege los ecosistemas acuáticos?

Niveles de organización biológica



Bottom- up

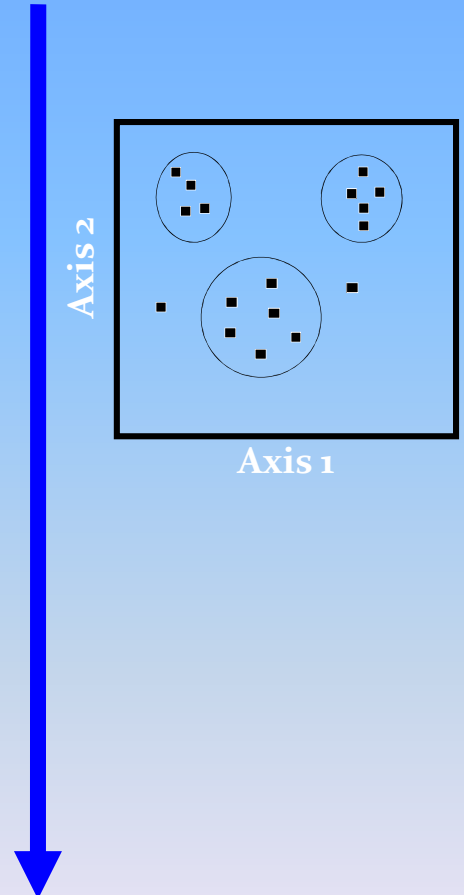


Comunidad

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

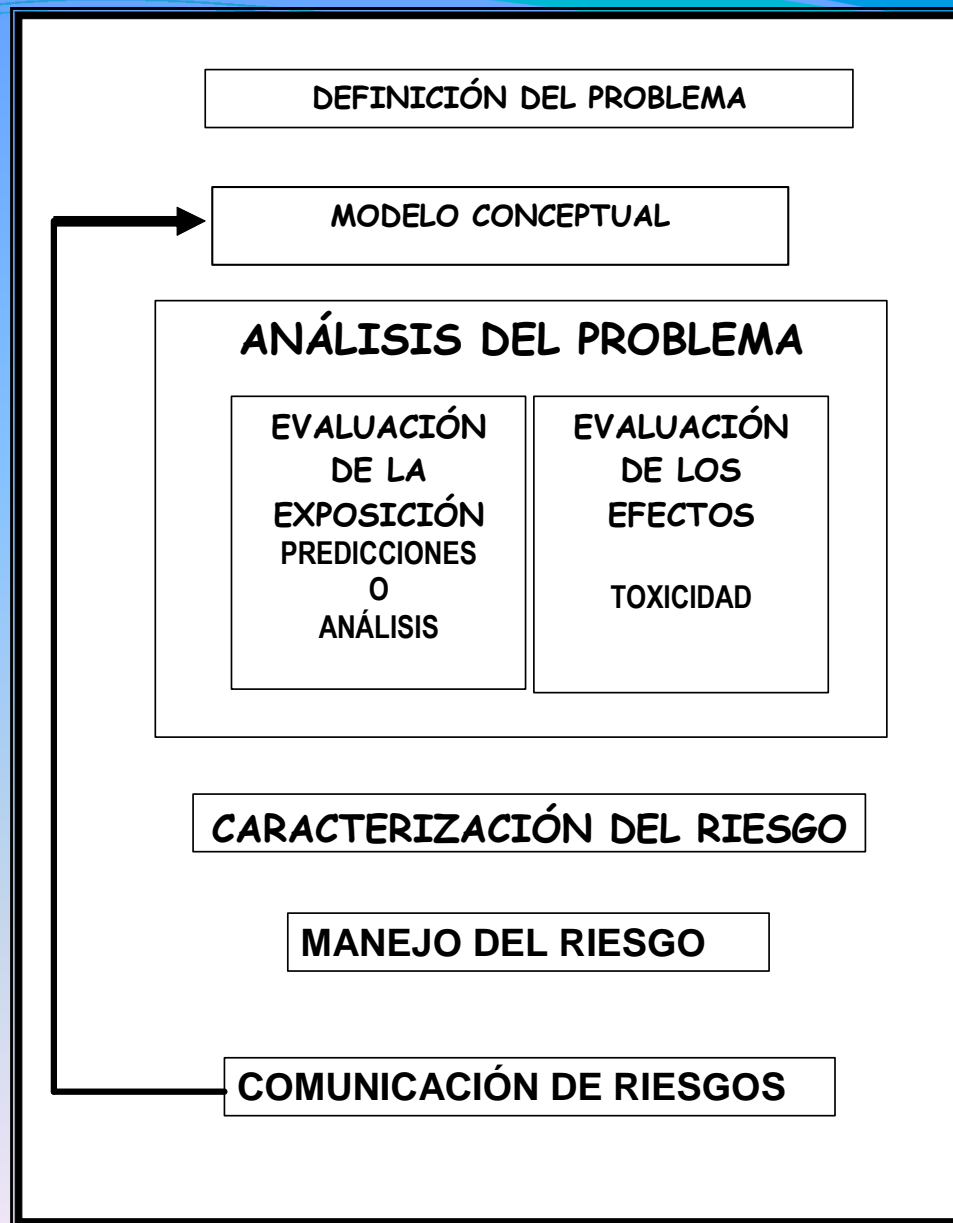
Risk assessment

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

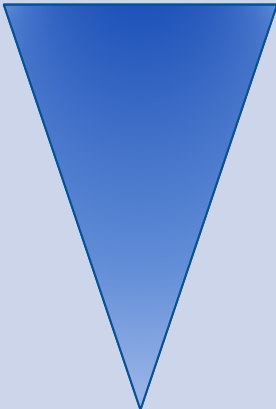
Risk management

- 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

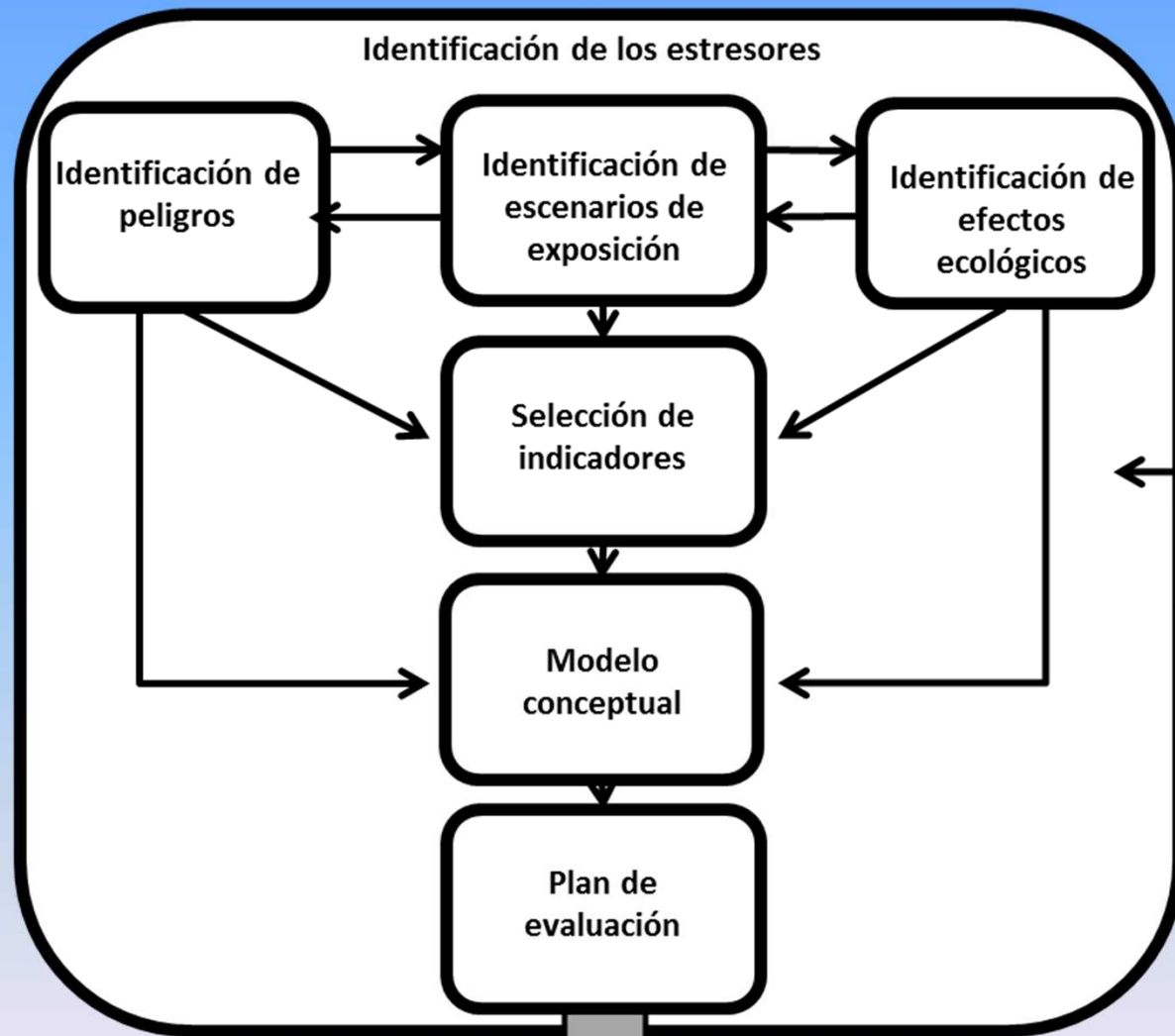
Selección de indicadores

Modelo conceptual

Plan de evaluación

Recopilación de Información, Verificación y Monitoreo

Hacia Fase 2: Análisis



Escenario Agrícola



Escenarios Posibles

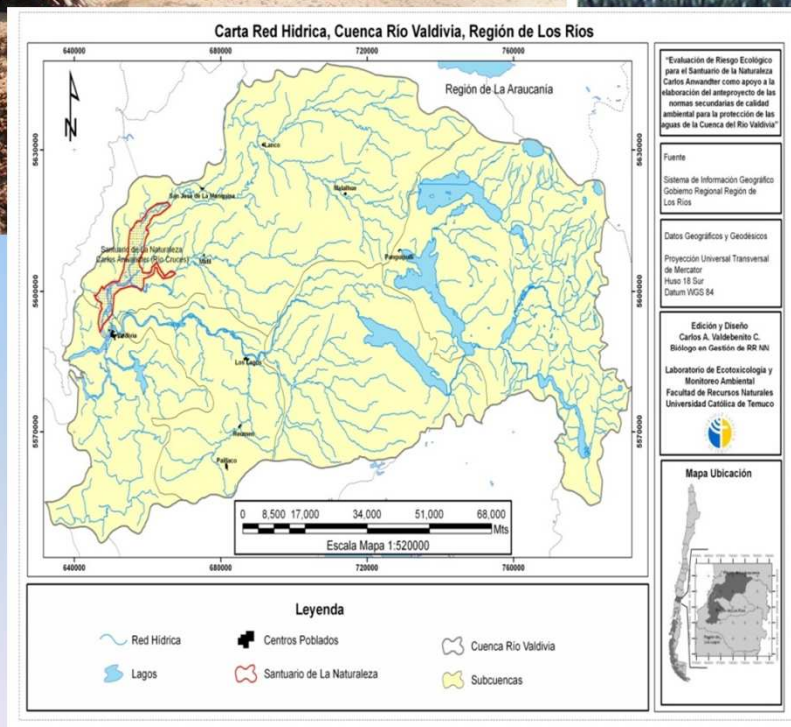
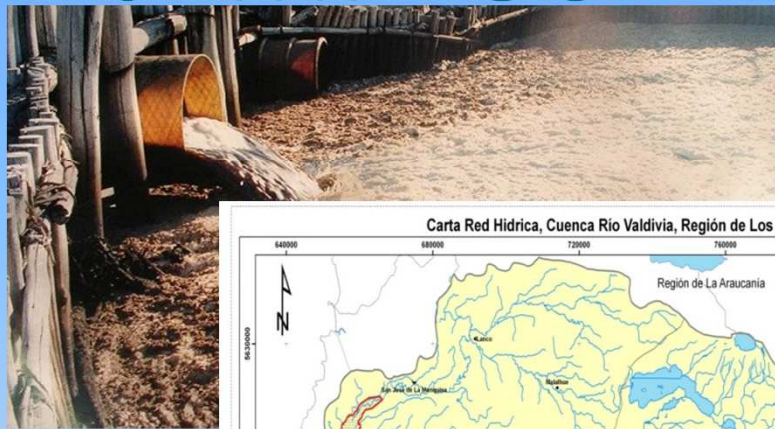
VALORACION DE LA EXPOSICION

- 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

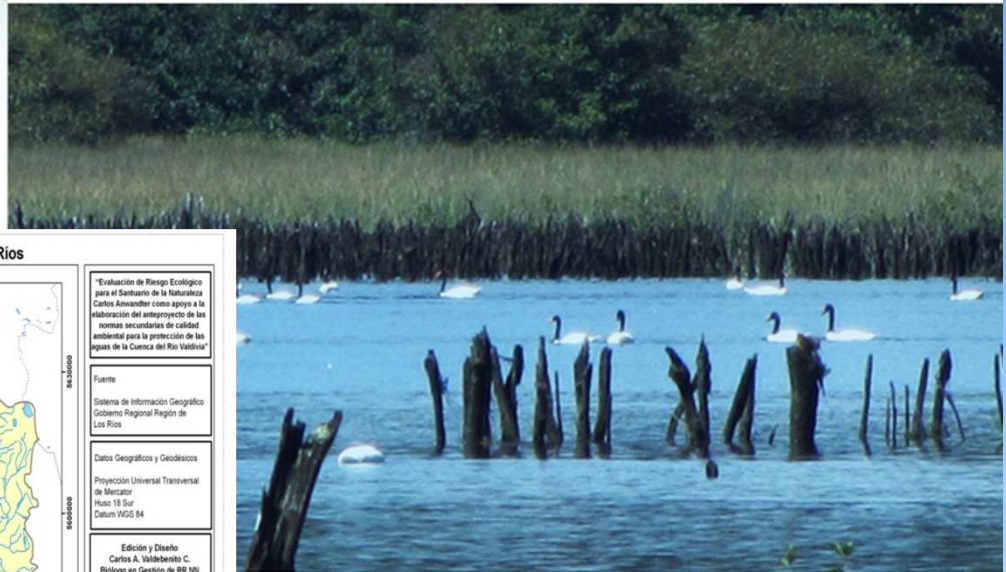
- Vertebrados terrestres, Abejas, Artrópodos beneficiosos
- Lombriz de tierra, microorganismos, plantas.
- Peces, invertebrados, algas, plantas acuáticas. Bioconcentración.
- Criterio de protección: SER HUMANO 0,1 µg/l

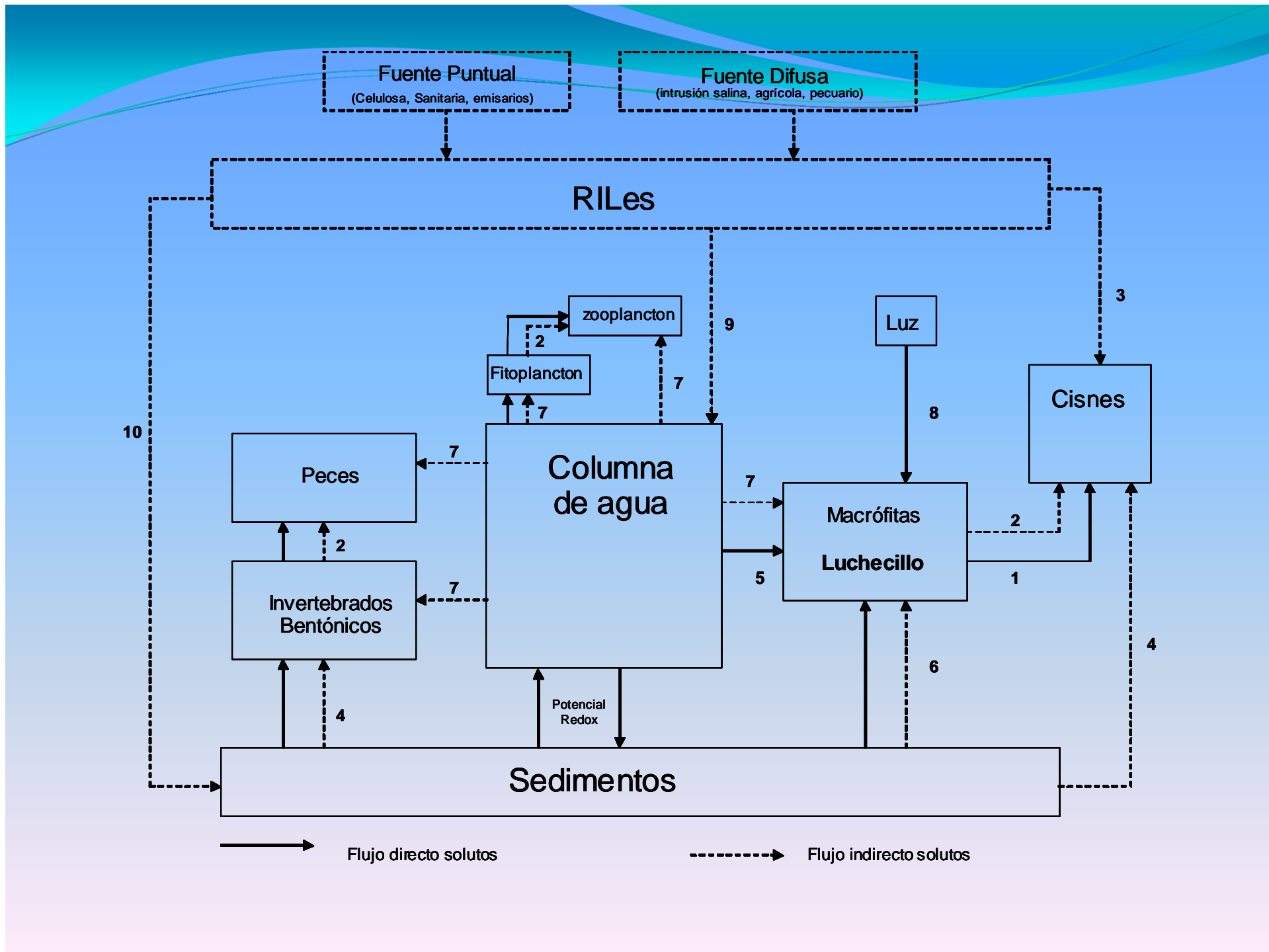
EJEMPLOS

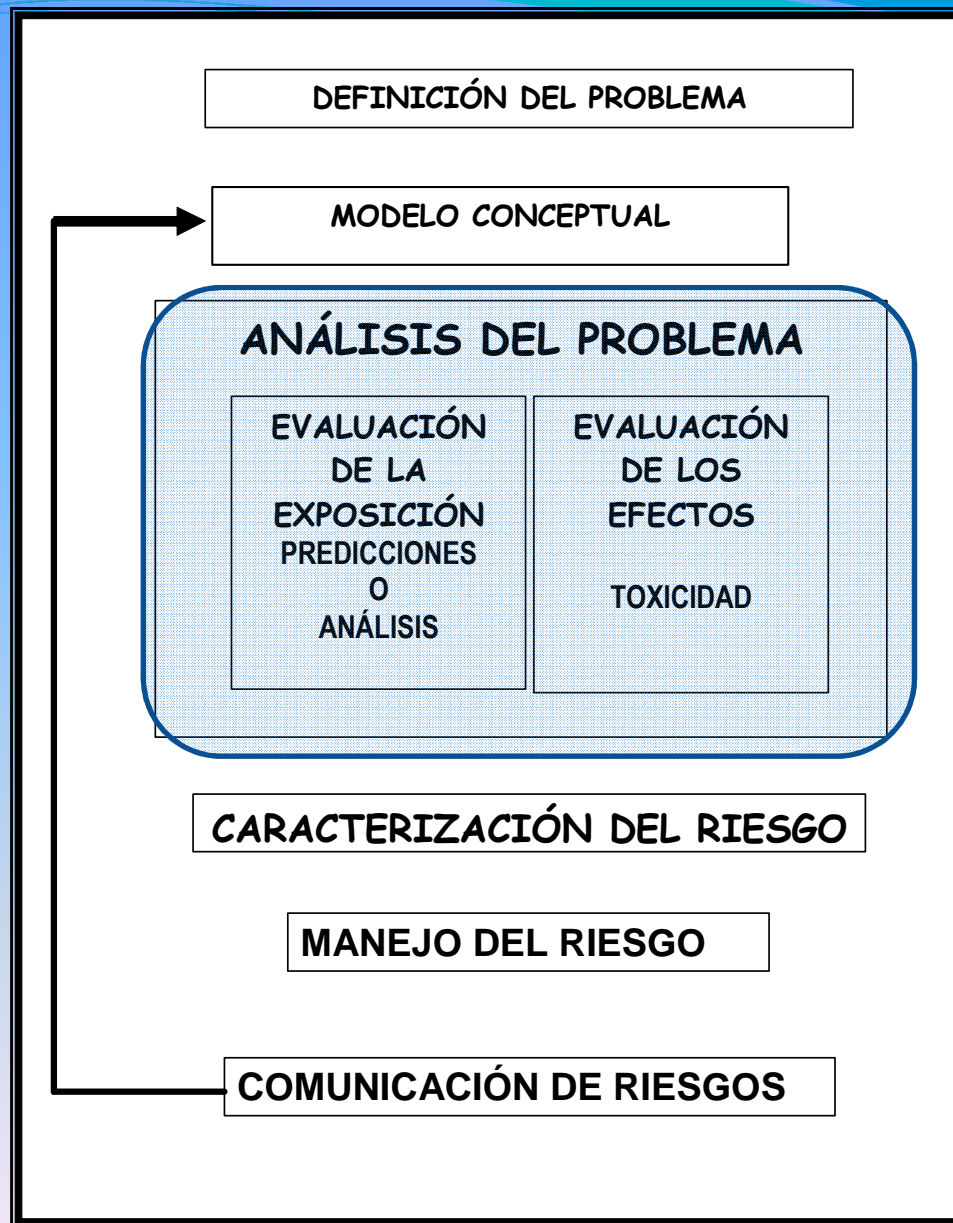


NOTICIAS Y CONTINGENCIA CHILE

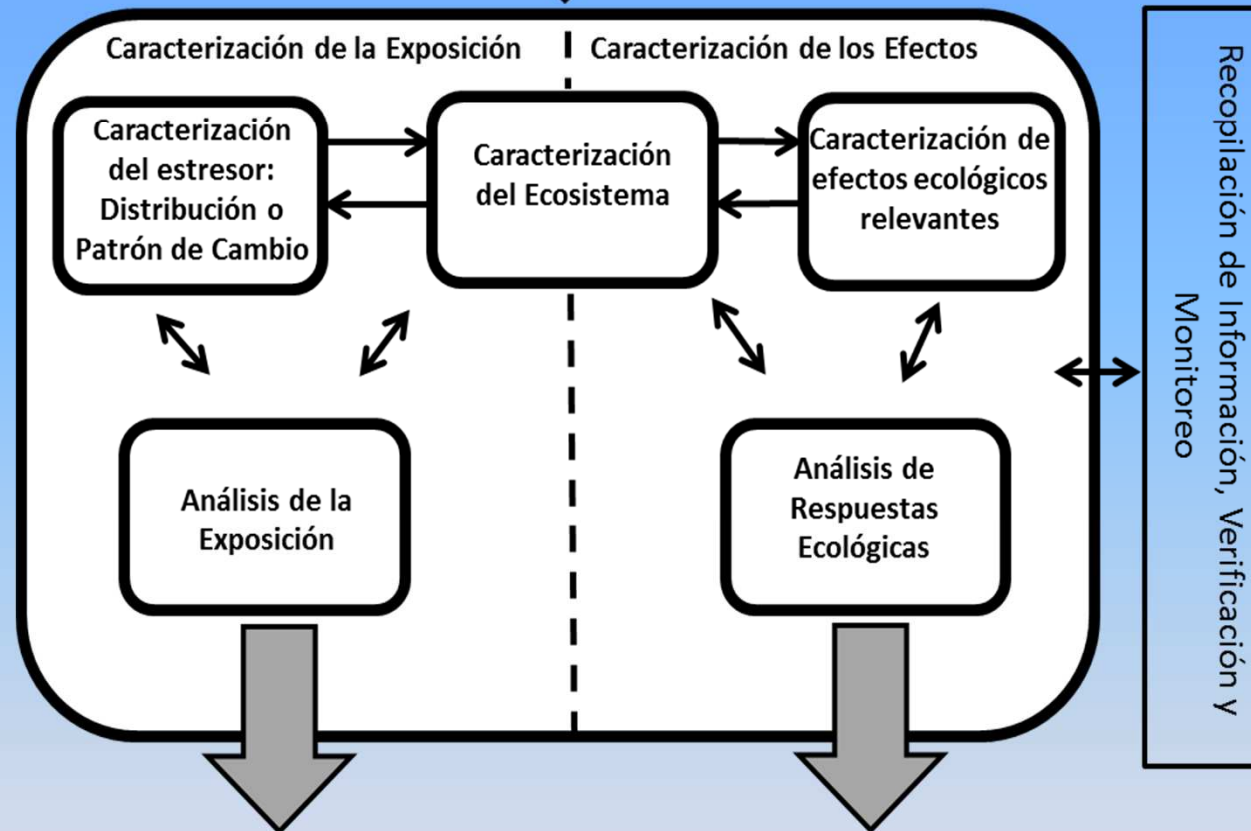
CELCO Chile es condenada por muerte de cisnes en Valdivia





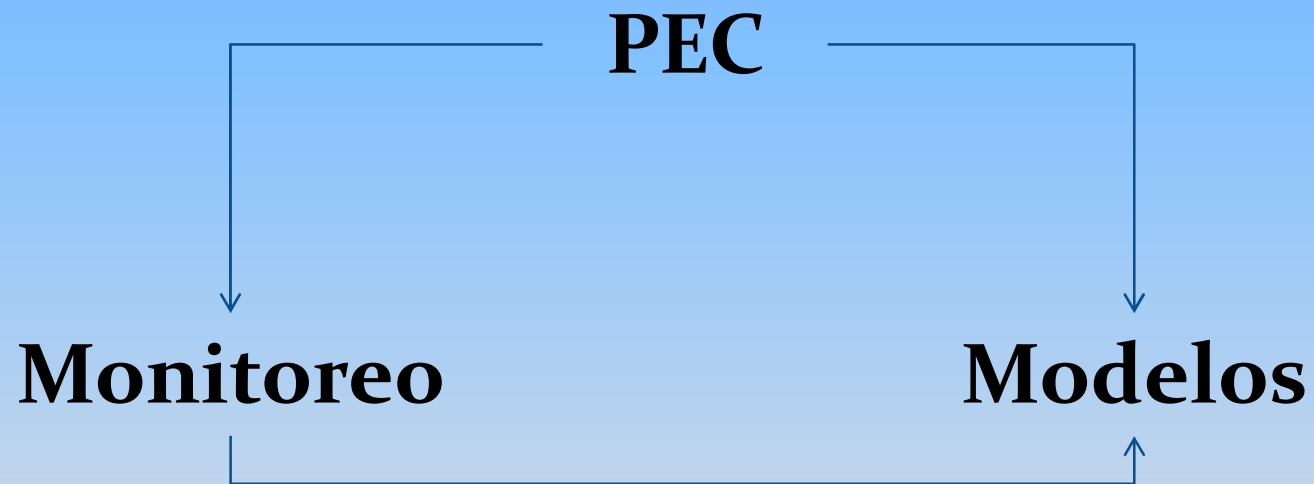


Desde Fase 1: Formulación del problema

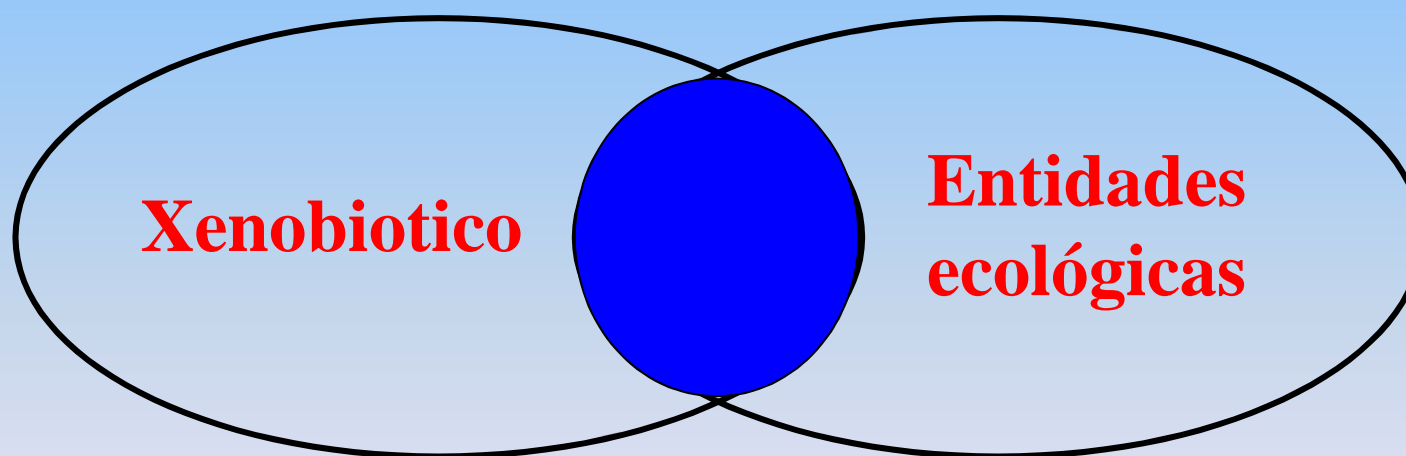


Hacia Fase 3: Caracterización del Riesgo

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).

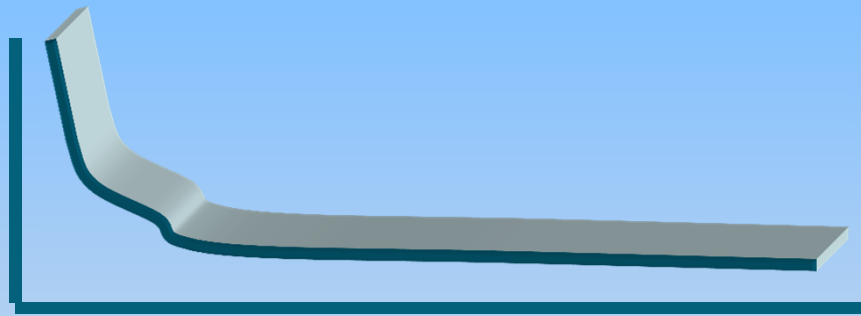




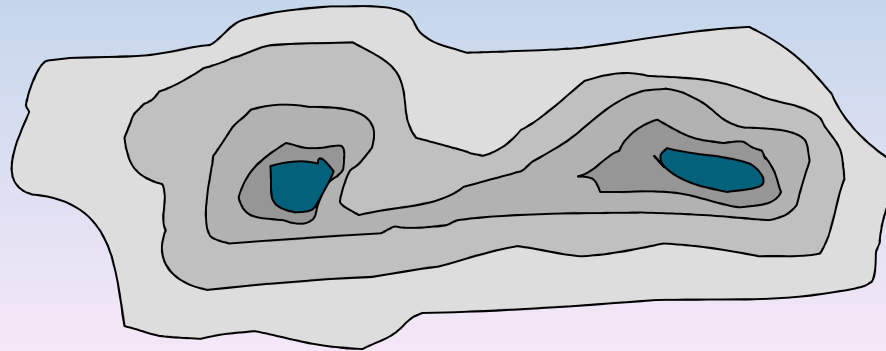
Aspectos Fundamentales a Considerar

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

- PEC Máxima.
- Evolución de la PEC



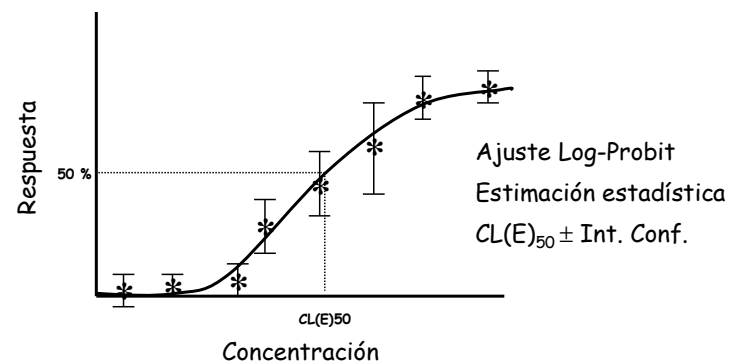
- Mapa de la Distribución de la Contaminación.



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.



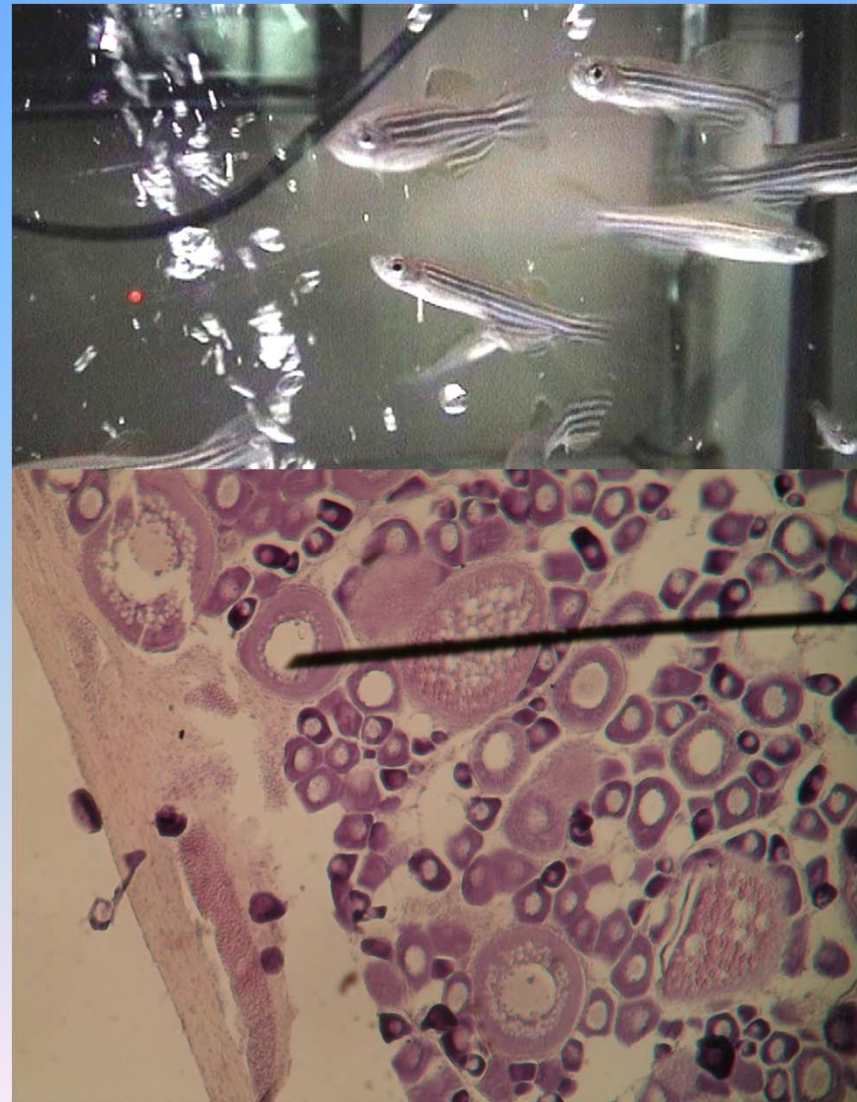
Efectos Crónicos

- Retraso en el Crecimiento.
- Malformaciones.

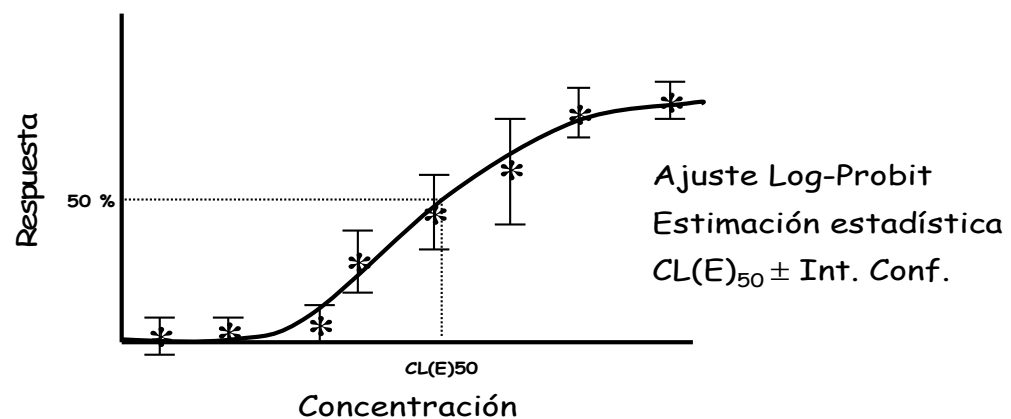


Efectos Crónicos

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



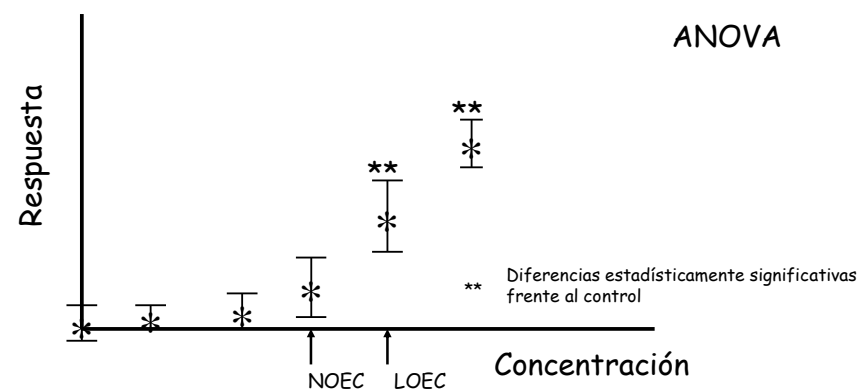
Cálculo de $CL(E)_{50}$



Estimación de NOEC y LOEC:

"No Observed Effect Concentration" (NOEC)

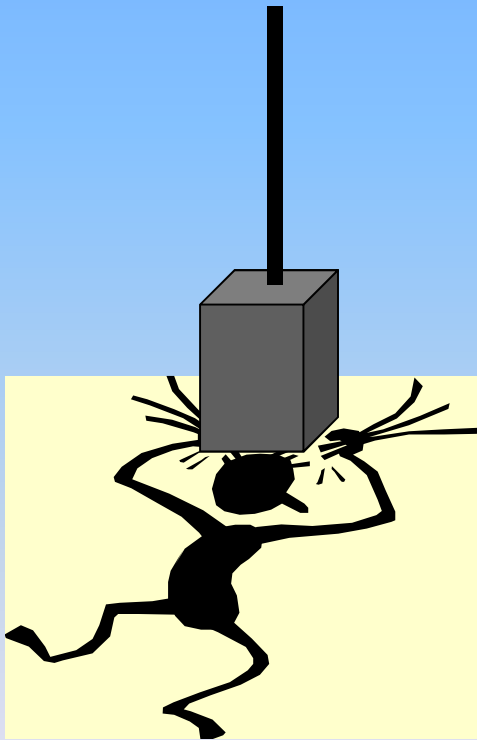
"Lowest Observed Effect Concentration" (LOEC)



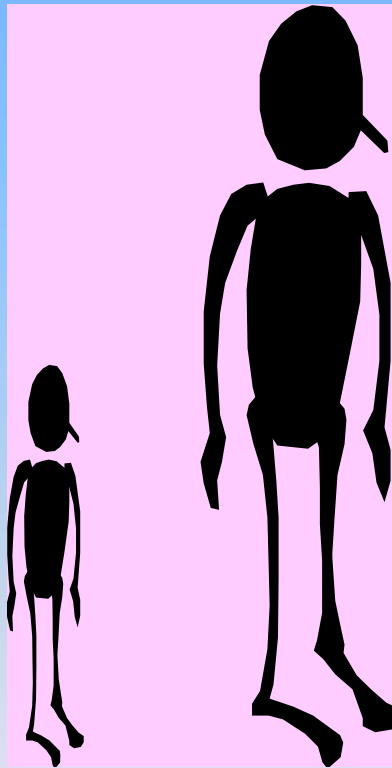
Efectos – Estructura y Función de los Ecosistemas

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

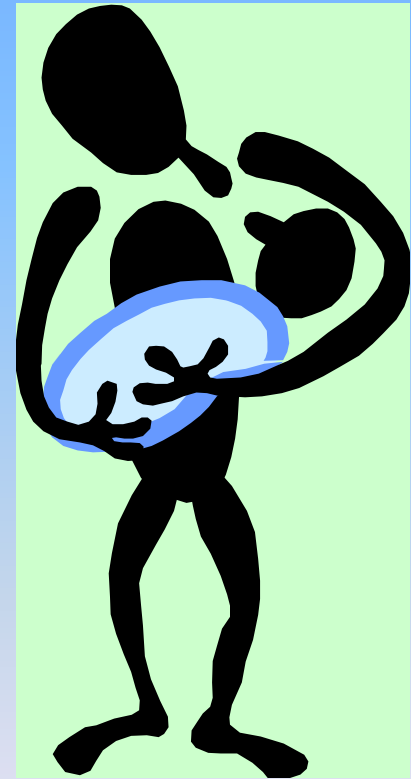
Efectos Relevantantes para el Ecosistema



MORTALIDAD



CRECIMIENTO



REPRODUCCION

Protocolos para especies estándar

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

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

Estimación de los Efectos

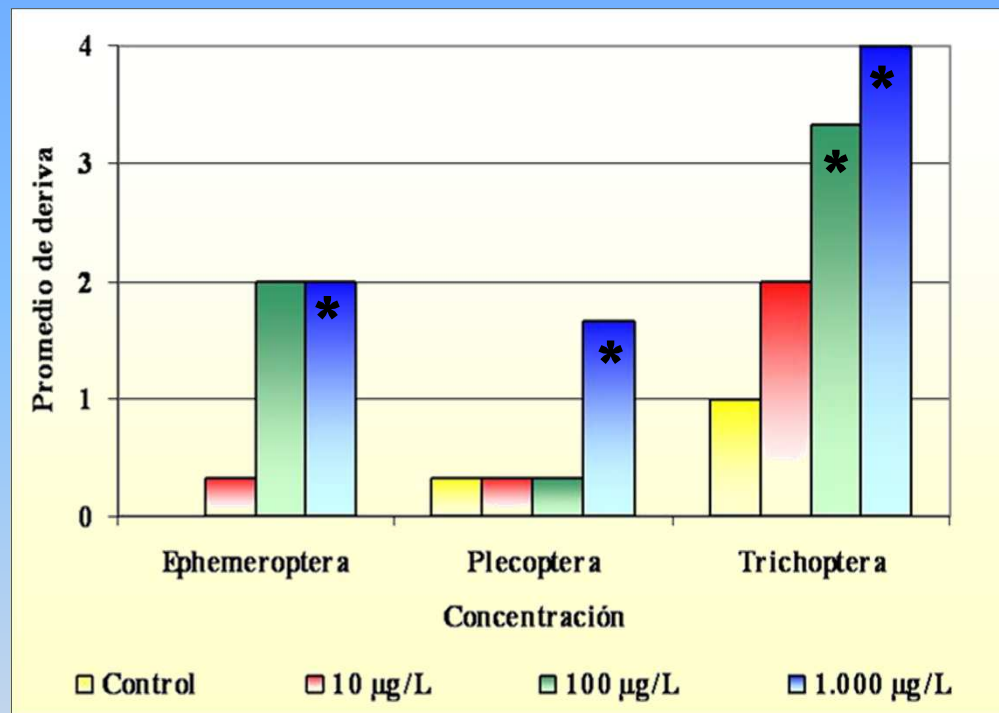
Organismos Acuáticos: Frecuentes

- **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 µg/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.

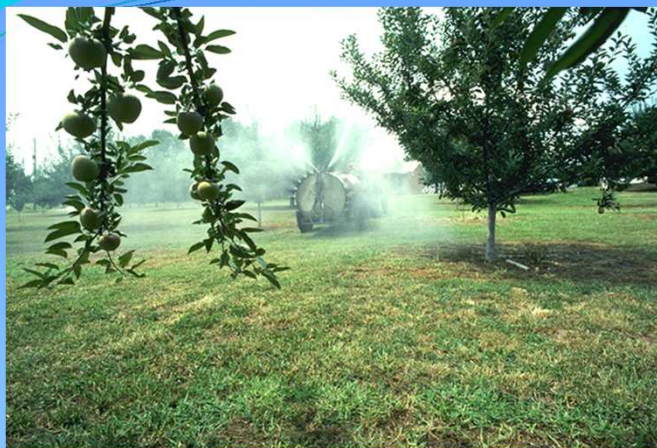
Características de las especies

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**

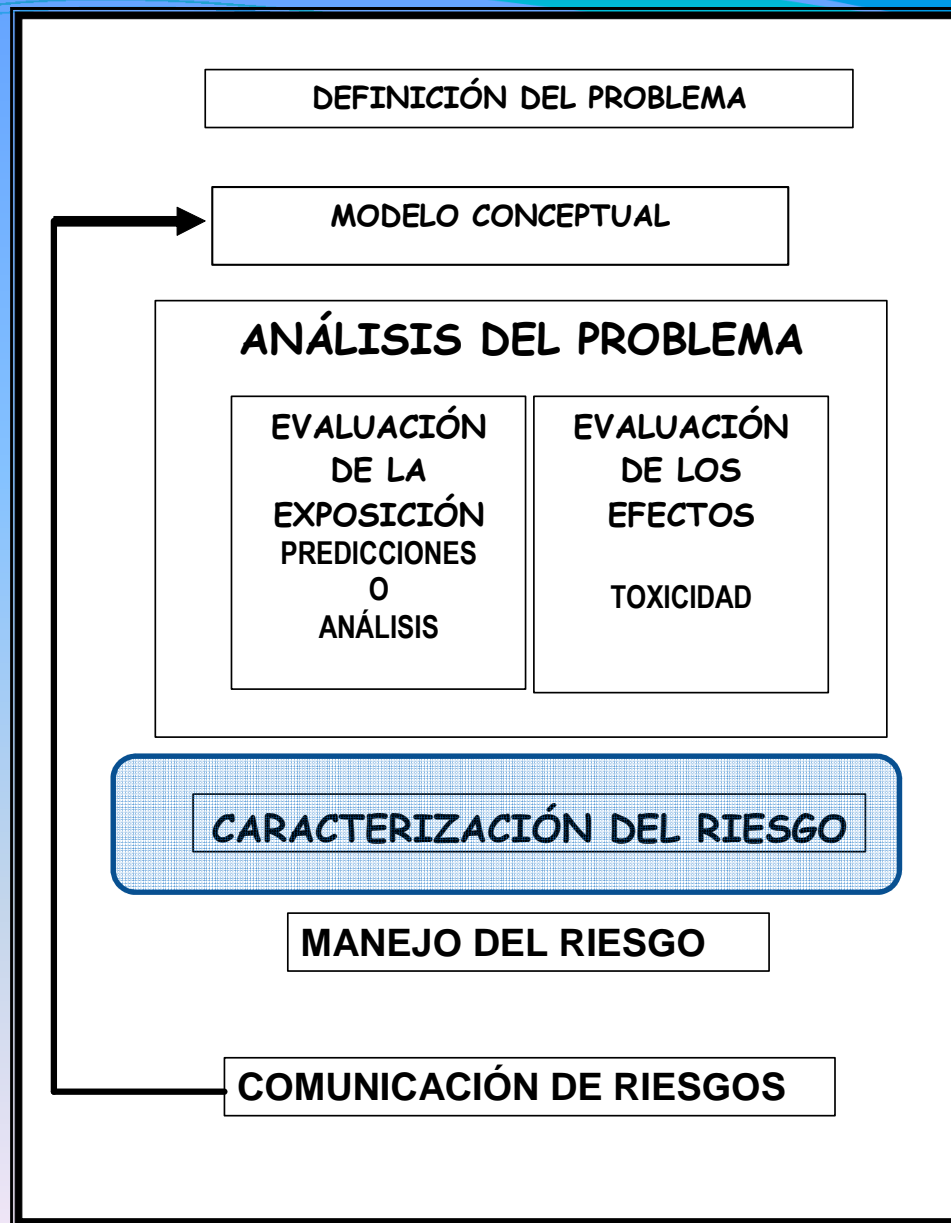


EVALUACIÓN DE LA
EXPOSICIÓN

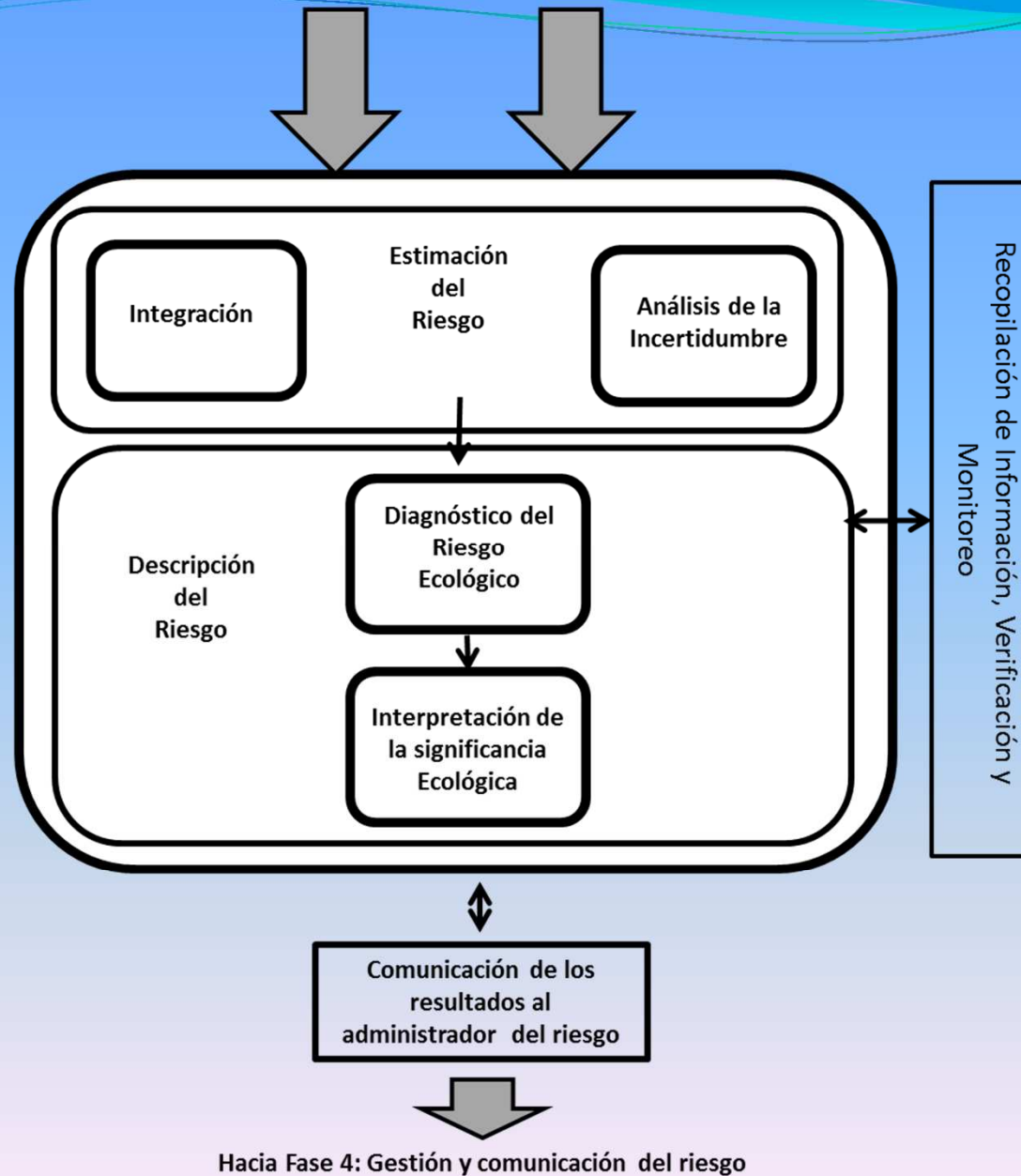


EVALUACIÓN DE LOS
EFECTOS

CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS



Desde Fase 2: Análisis

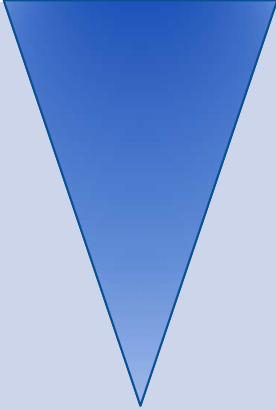


Hacia Fase 4: Gestión y comunicación del riesgo

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

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

$> 1 = \text{Riesgo}$

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

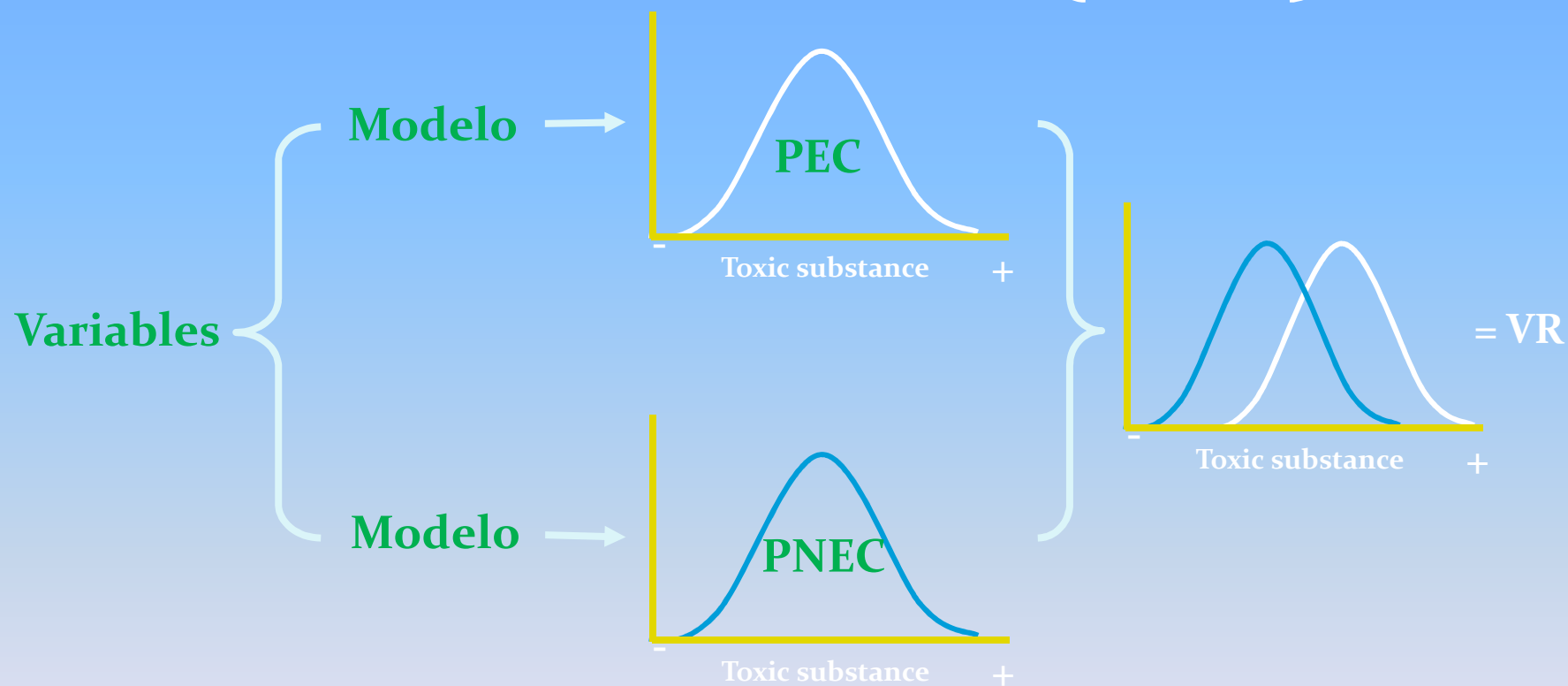
Caracterización del Riesgo

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

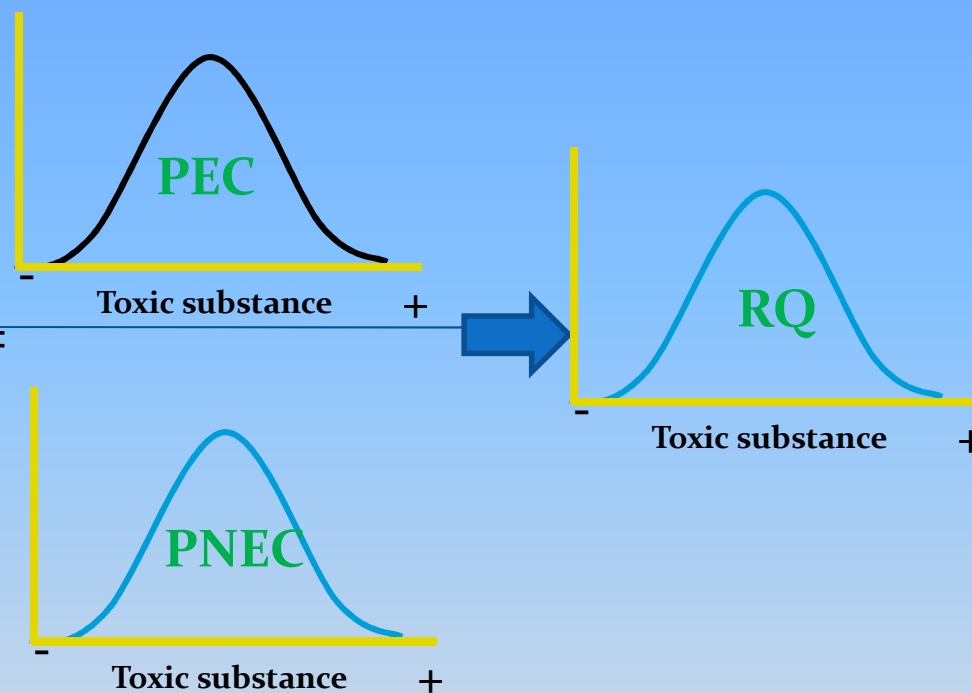
$$RQ = \frac{EXPOSICION}{EFECTOS} = \frac{PEC}{PNEC} = \frac{PEC}{\left(\frac{LC50}{FS}\right)} = \frac{5.8}{\left(\frac{7.5}{100}\right)} = 78.4$$

$RQ > 1 \rightarrow$ Riesgo

Evaluación de Riesgo Ambiental

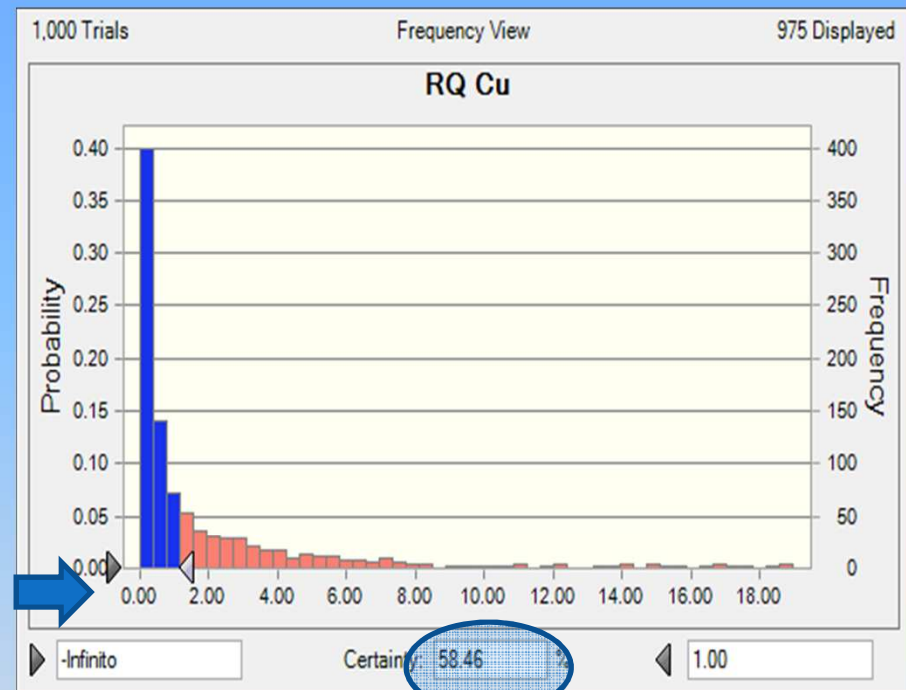
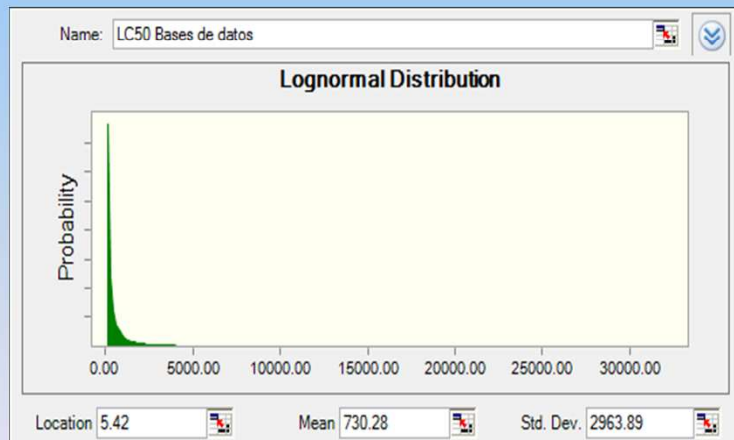
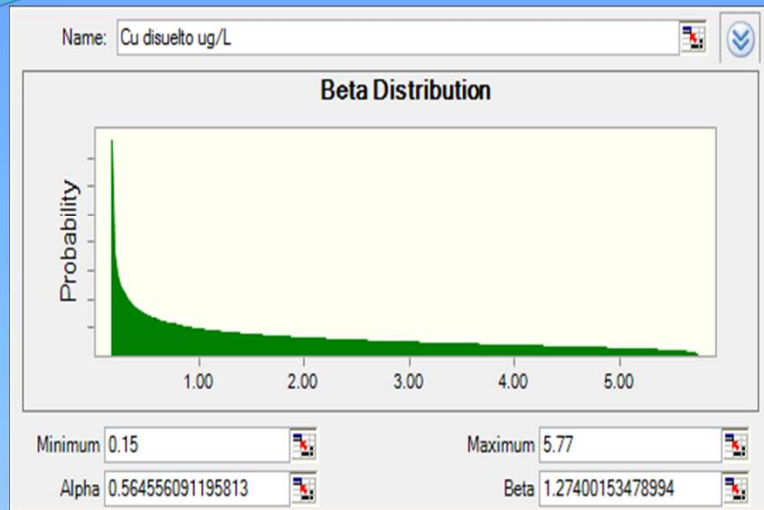
Probabilístico

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



Evaluación de Riesgo Ambiental

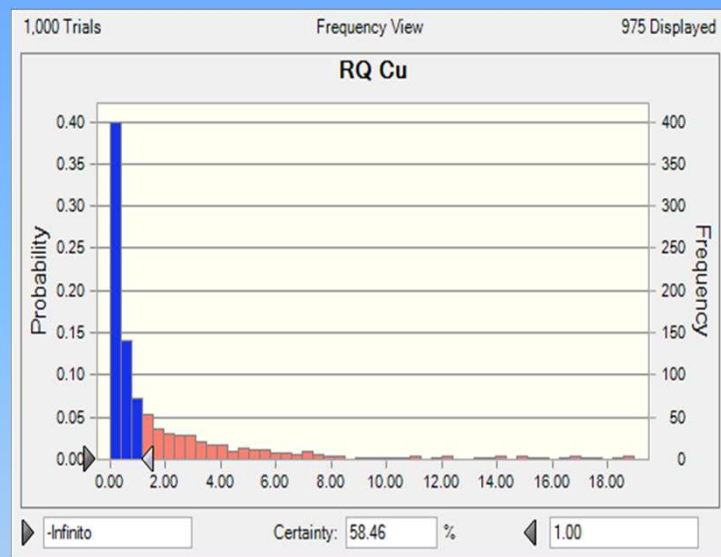
Probabilístico^{FS=100}



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

Evaluación de Riesgo Ambiental

Probabilístico



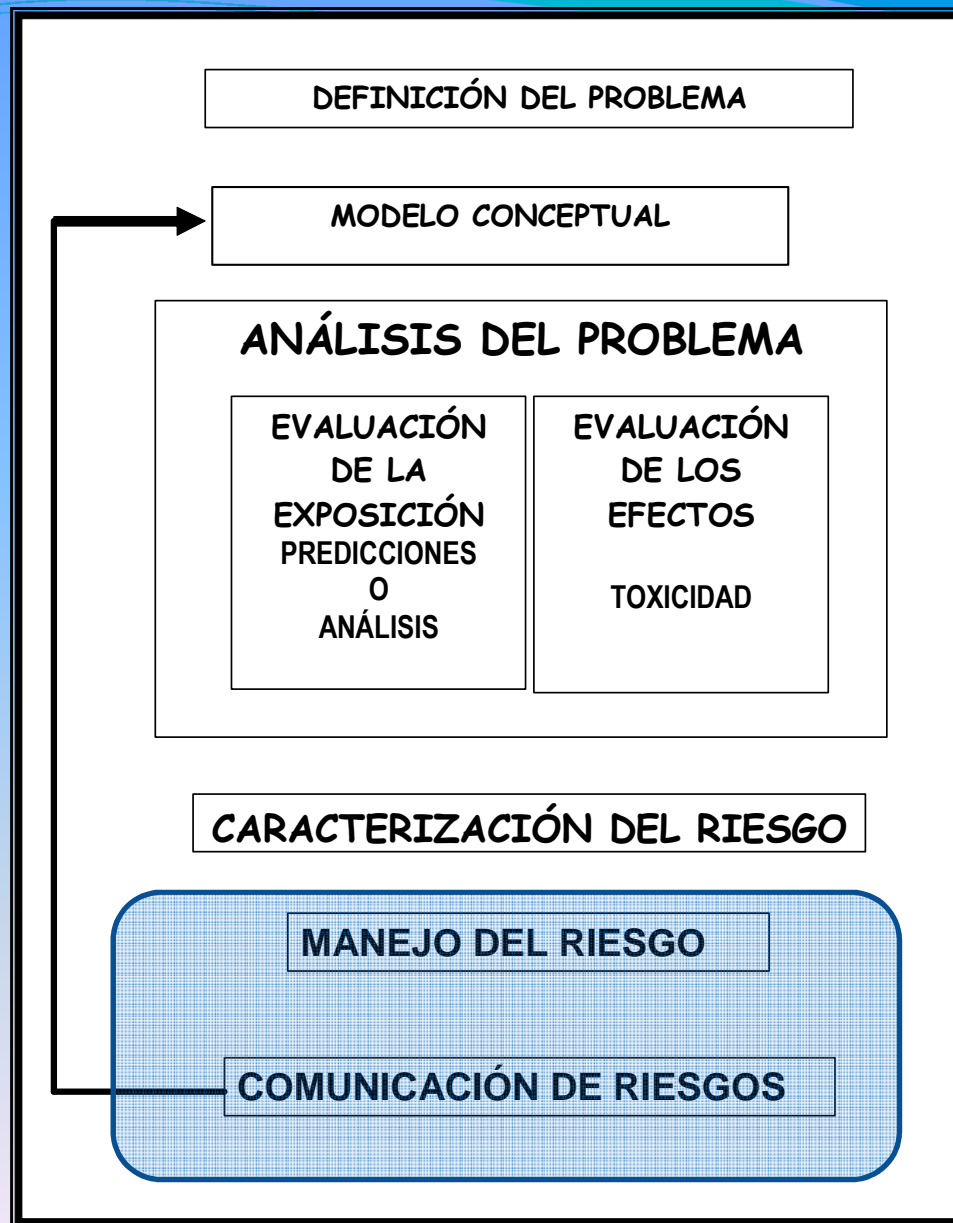
EXPOSICION: PEC	Cobre Disuelto ug/L (POAL)	% de especies protegidas FS=100
Mínimo	0.050	100%
Máximo	5.880	45%
Media	1.613	75%

Propuesta de Norma

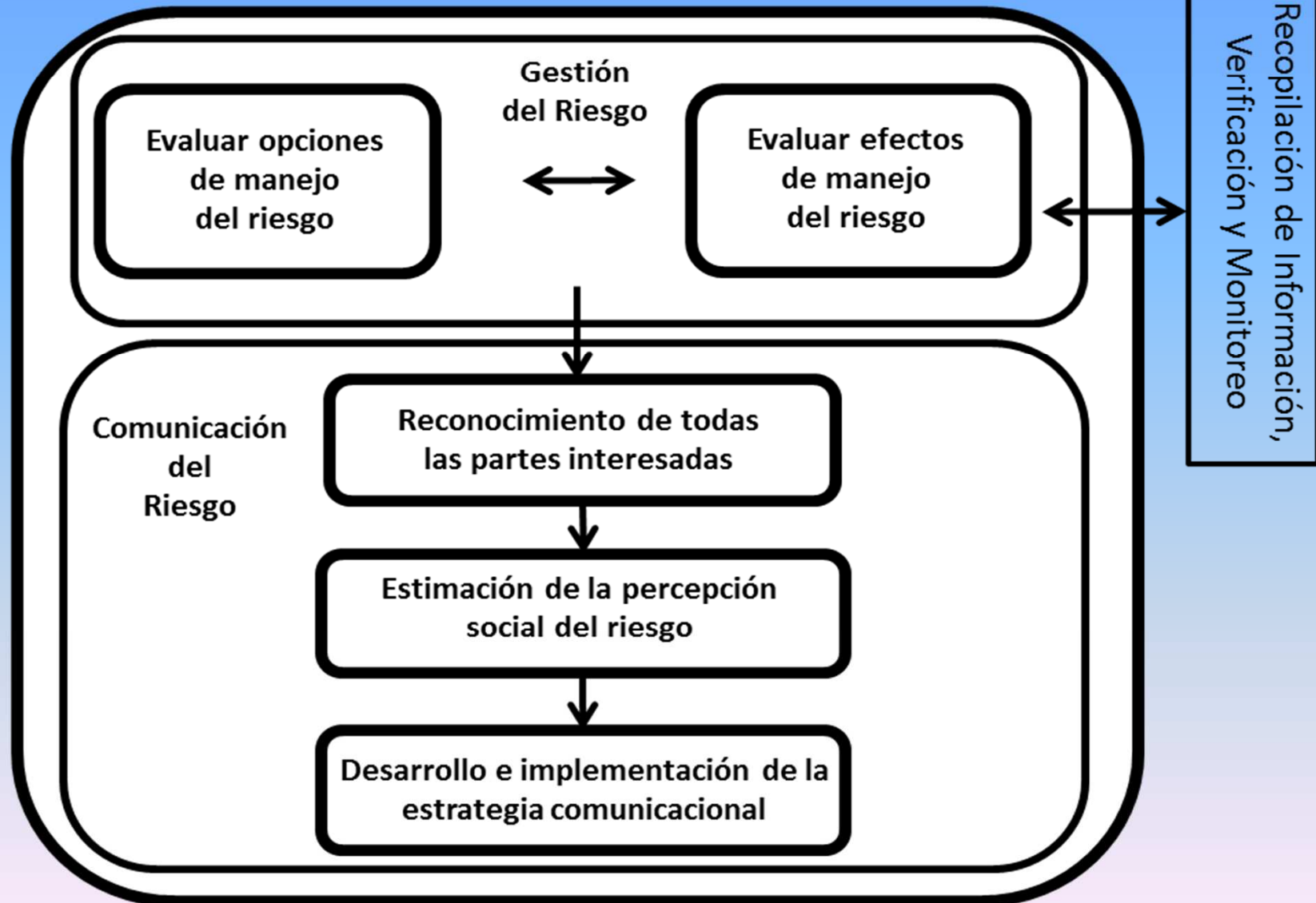
$$HC_{5\%} = 0.12$$



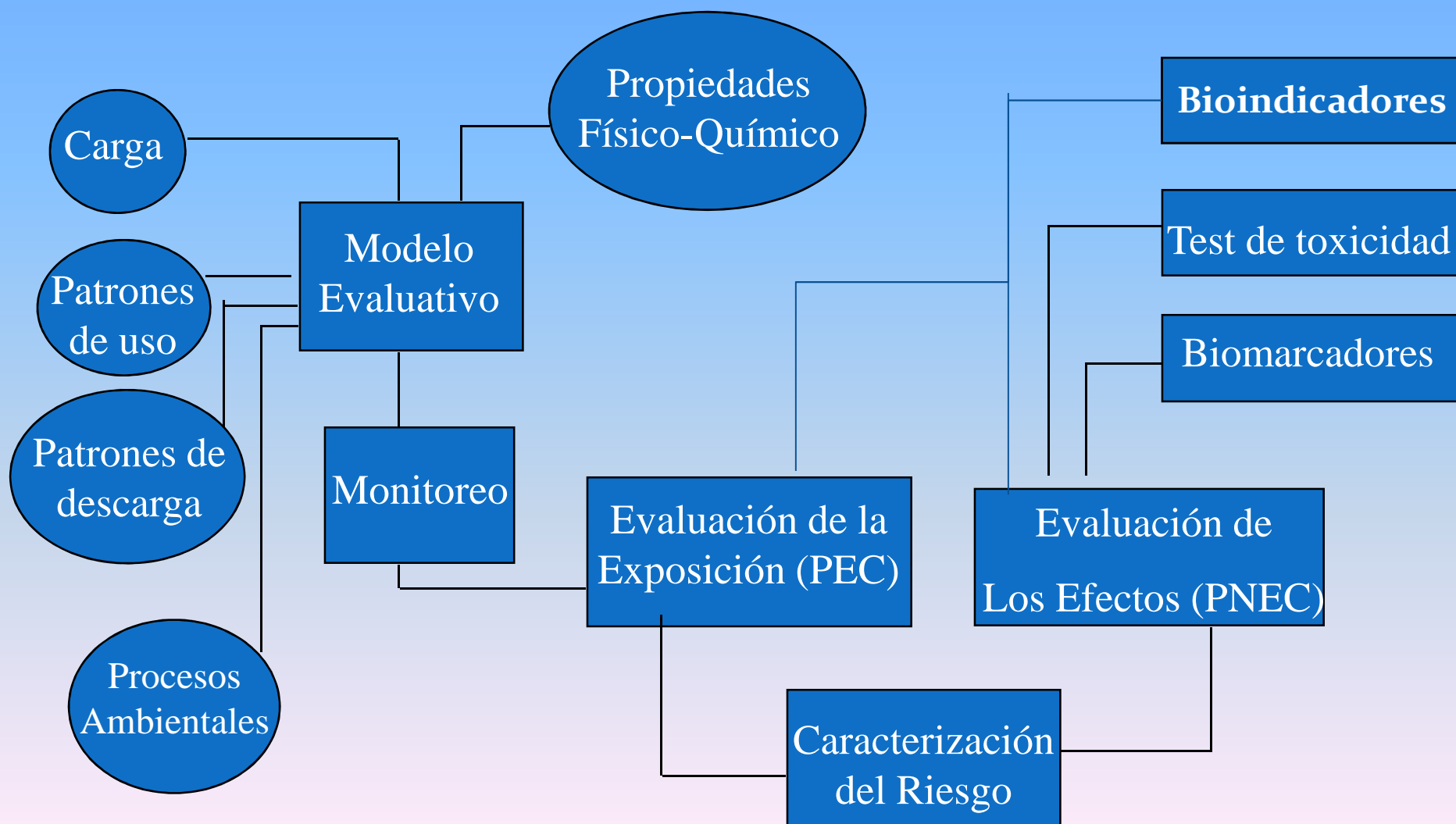
Acuerdo Público



Desde Fase 3: Caracterización del Riesgo



Aproximaciones Ecotoxicológicas para el Estudio del Riesgo de los Contaminantes





Gracias

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)

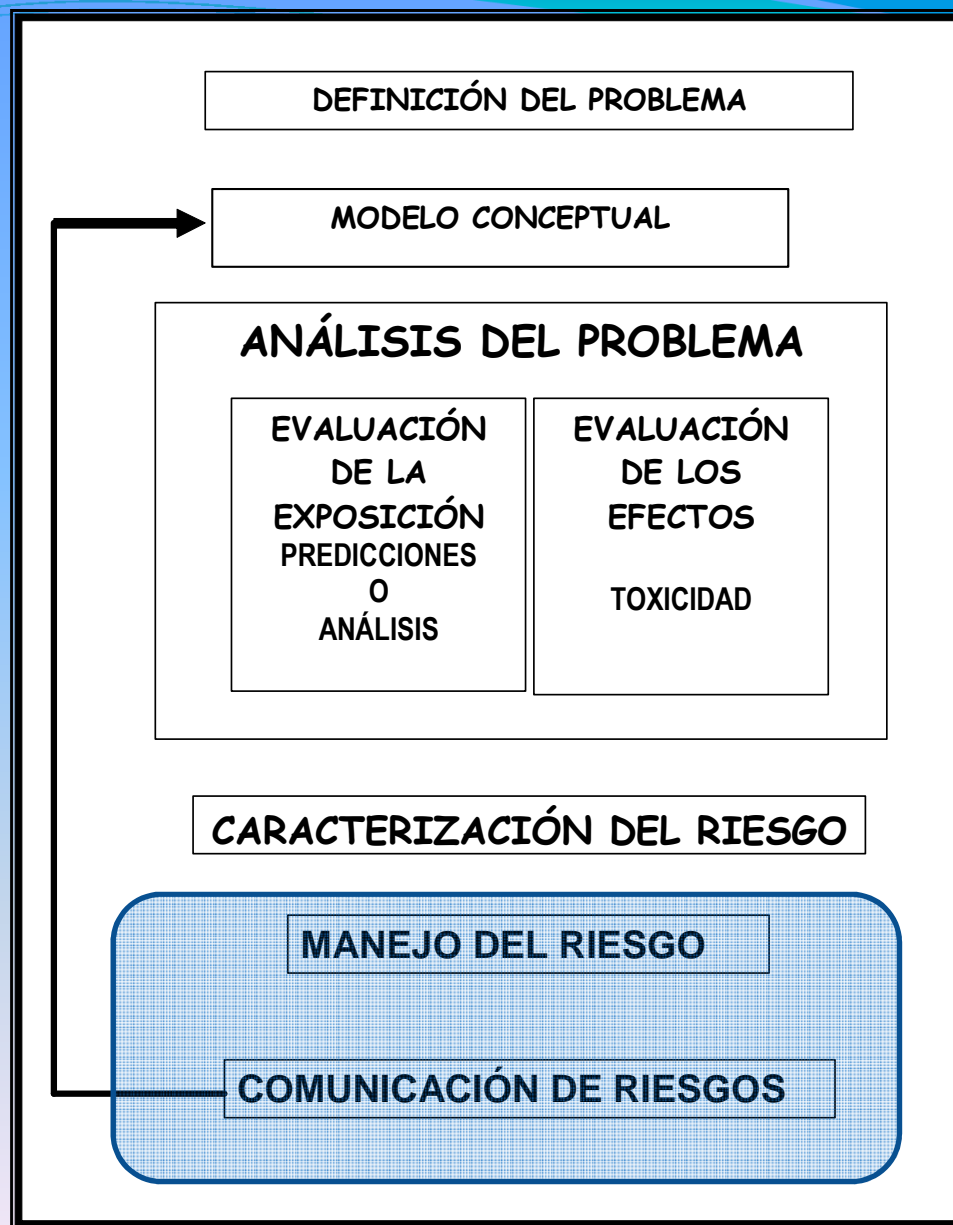


UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA CIENCIAS AMBIENTALES
TEMUCO, CHILE

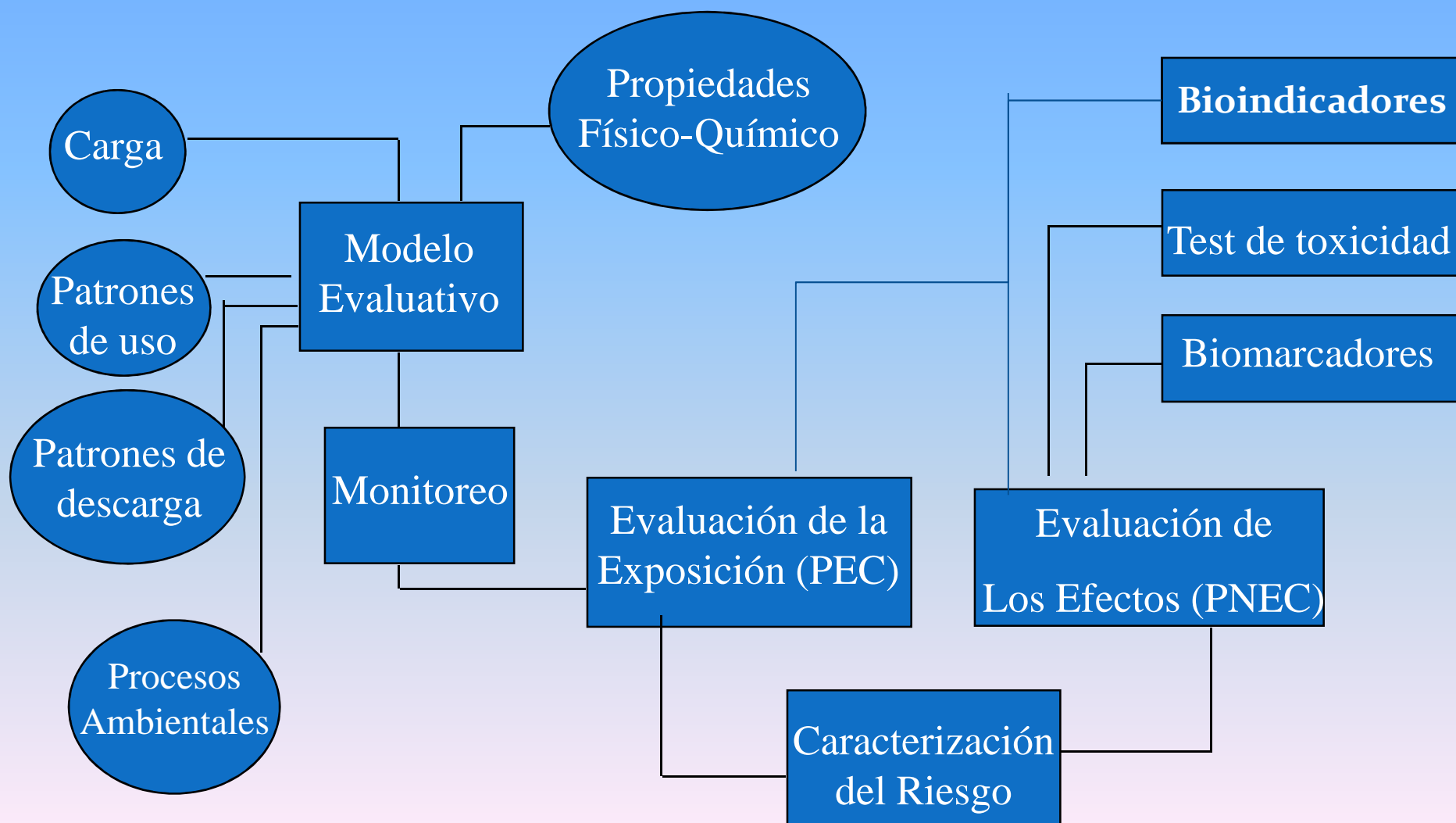
ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECOLOGICO ASOCIADO A PESTICIDAS EN LA SUBCUENCA DEL RIO TRAIGUEN, IX REGION- CHILE.

ENCINA-MONTOYA F¹ & RODRIGO PALMA R²

¹Laboratorio de Ecotoxicología y Monitoreo Ambiental. Escuela de Ciencias Ambientales,
Universidad Católica de Temuco, Manuel Montt 056, Casilla 15-D, Temuco, Chile fencina@uct.cl ²
Servicio Agrícola y Ganadero.



Aproximaciones Ecotoxicológicas para el Estudio del Riesgo de los Contaminantes



EVALUACION DEL RIESGO





¿ QUE PESTICIDAS
MONITOREAR?

¿CUANDO?

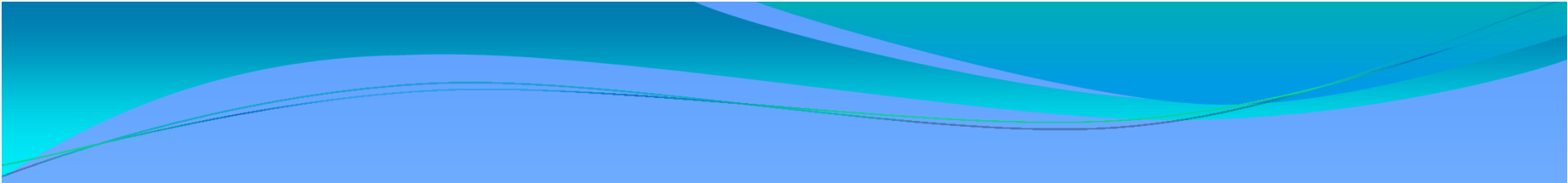
¿DONDE?

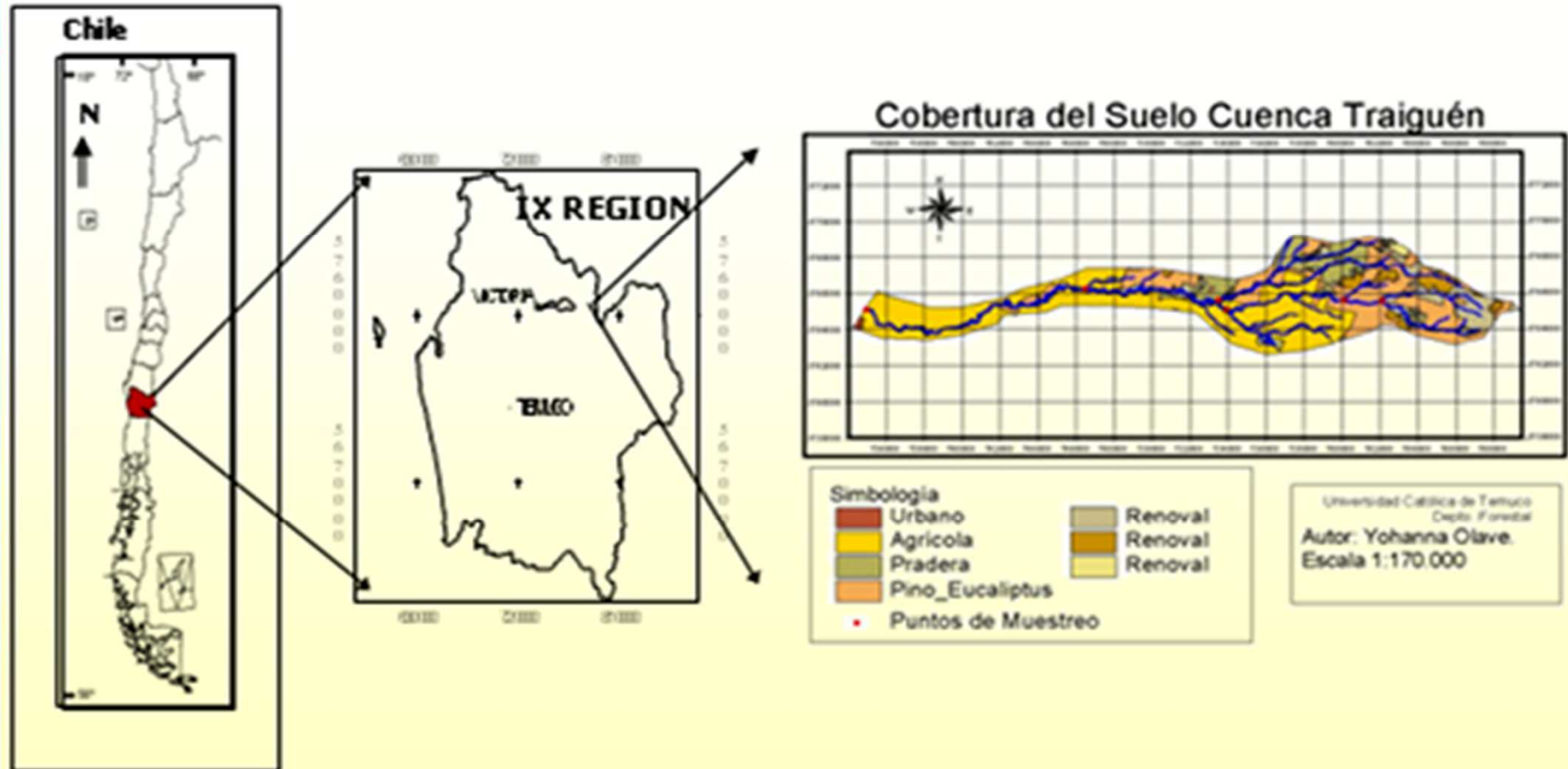
¿QUÉ
INFORMACION HAY
DISPONIBLE ?

¿PUEDEN HABER
EFECTOS?



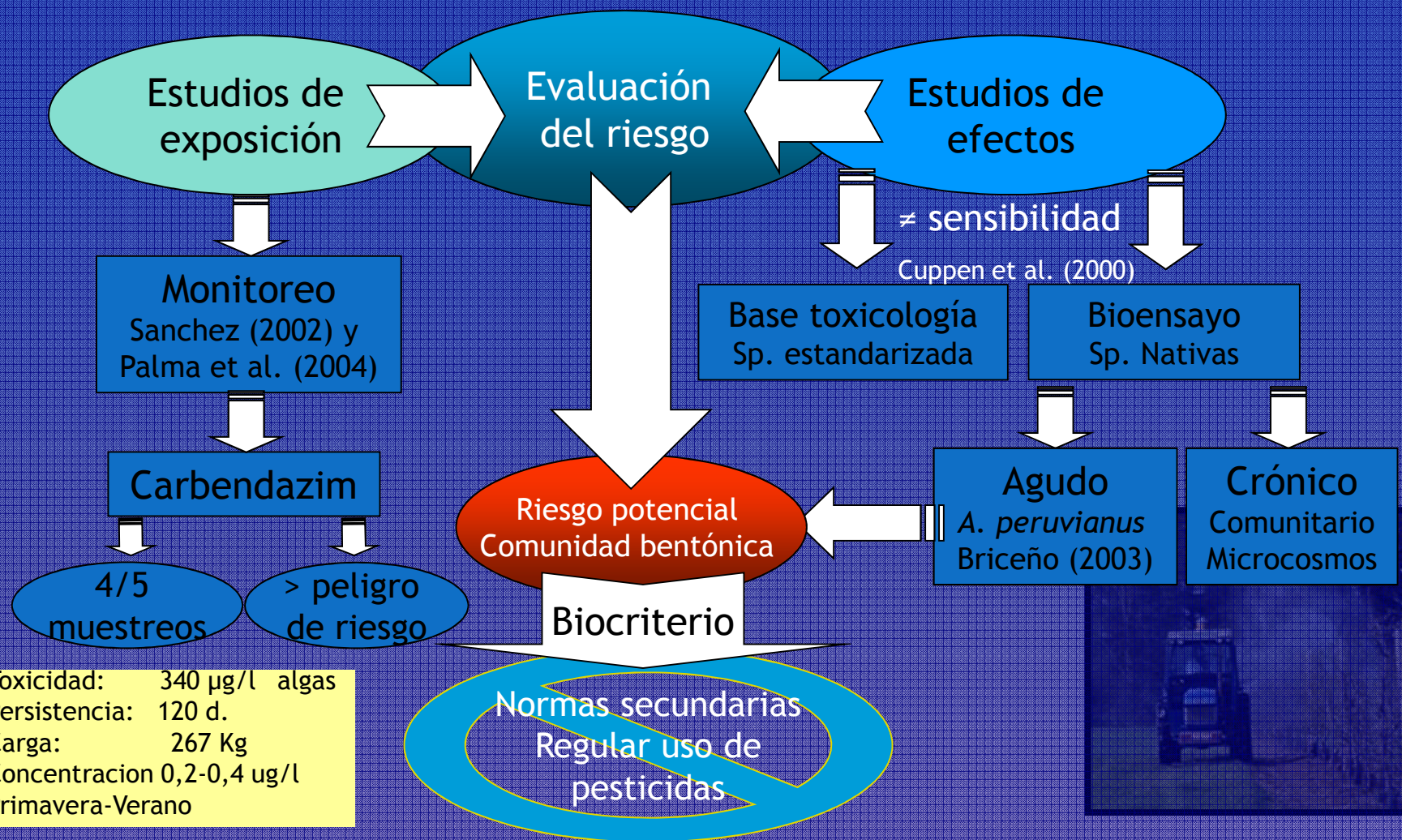
- ¿Qué pesticidas se aplican?
- ¿Puedo estimar el uso de pesticidas: encuestas, fotointerpretación, imágenes satelitales?
- ¿Pueden estos pesticidas llegar al agua ?
- ¿Las concentraciones pueden ser toxicas para los organismos acuáticos?
- ¿Cual es la abundancia y distribución del bentos y peces?
- ¿El bentos es mas sensible que las especies estandarizadas?
- ¿Que factores de seguridad se deben utilizar para estimar el riesgo?

- 
- ¿La respuesta de la comunidad es diferente a la de las especies individuales?
 - ¿Los tiempos de exposición posterior a un evento de lluvia es suficiente para producir efectos?
 - ¿Los procesos de recuperación de las comunidades por deriva son mayores o menores a las tasas de mortalidad ?
 - Hay riesgo



- ✓ Superficie de 10.176 hectáreas.
- ✓ Uso Agrícola 50 %

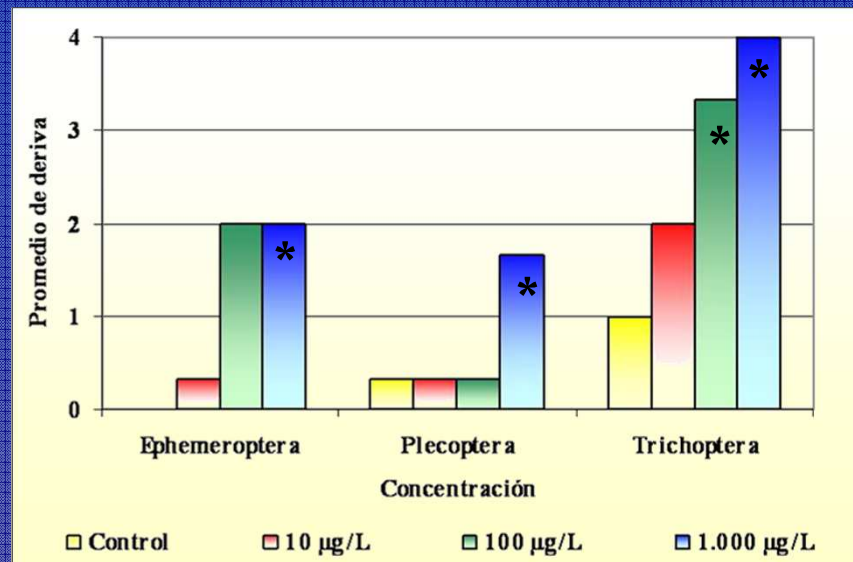
Evaluación de riesgo



Resultados

Deriva
Efecto agudo

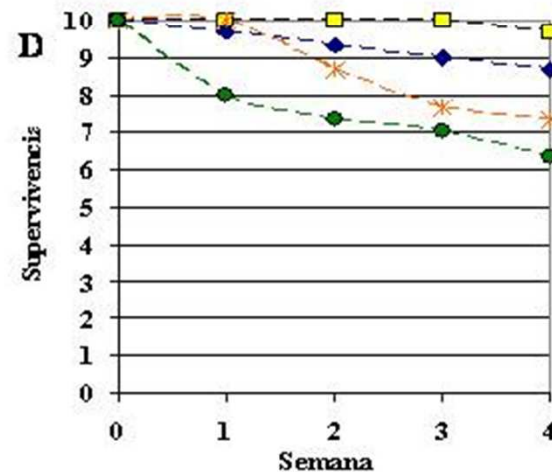
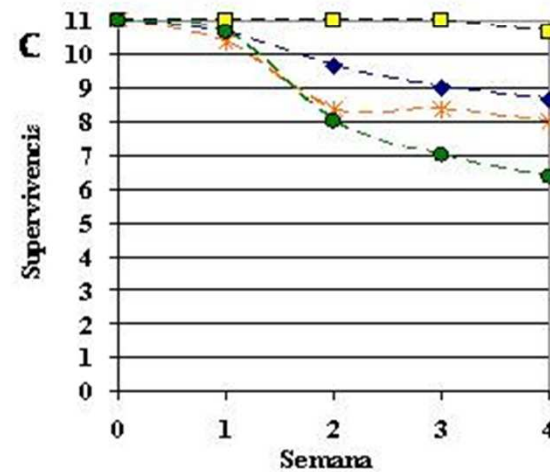
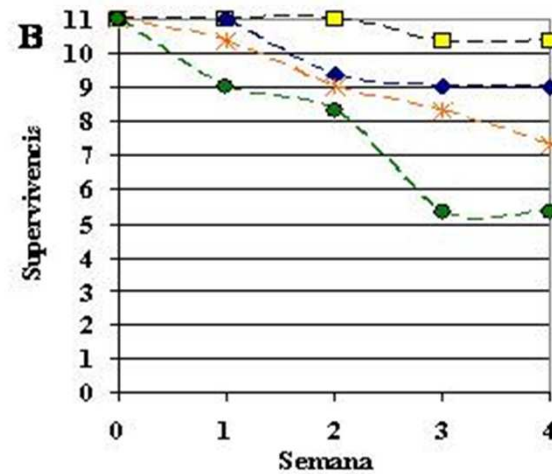
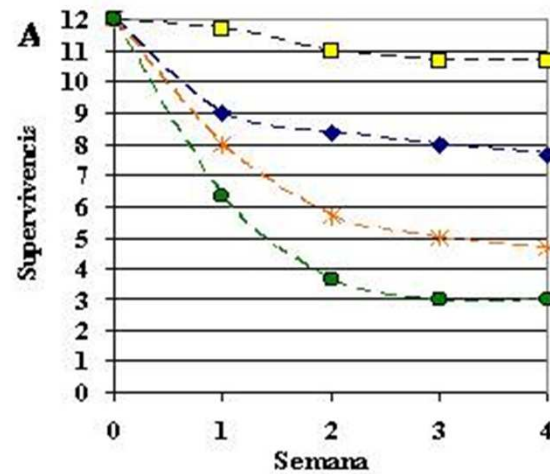
- ✓ Trichoptera presenta una mayor respuesta en la deriva de 100 y 1.000 µg/l.



*=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.

Dinámica del promedio de supervivencia semanal de las especies del control y los tratamientos para: Ephemeroptera (A), Plecoptera (B), Trichoptera (C) y Gastropoda (D).



—■— Control —◆— 10 µg/L —*— 100 µg/L —●— 1.000 µg/L

Destino
Ambiental

Modelo de
Fugacidad

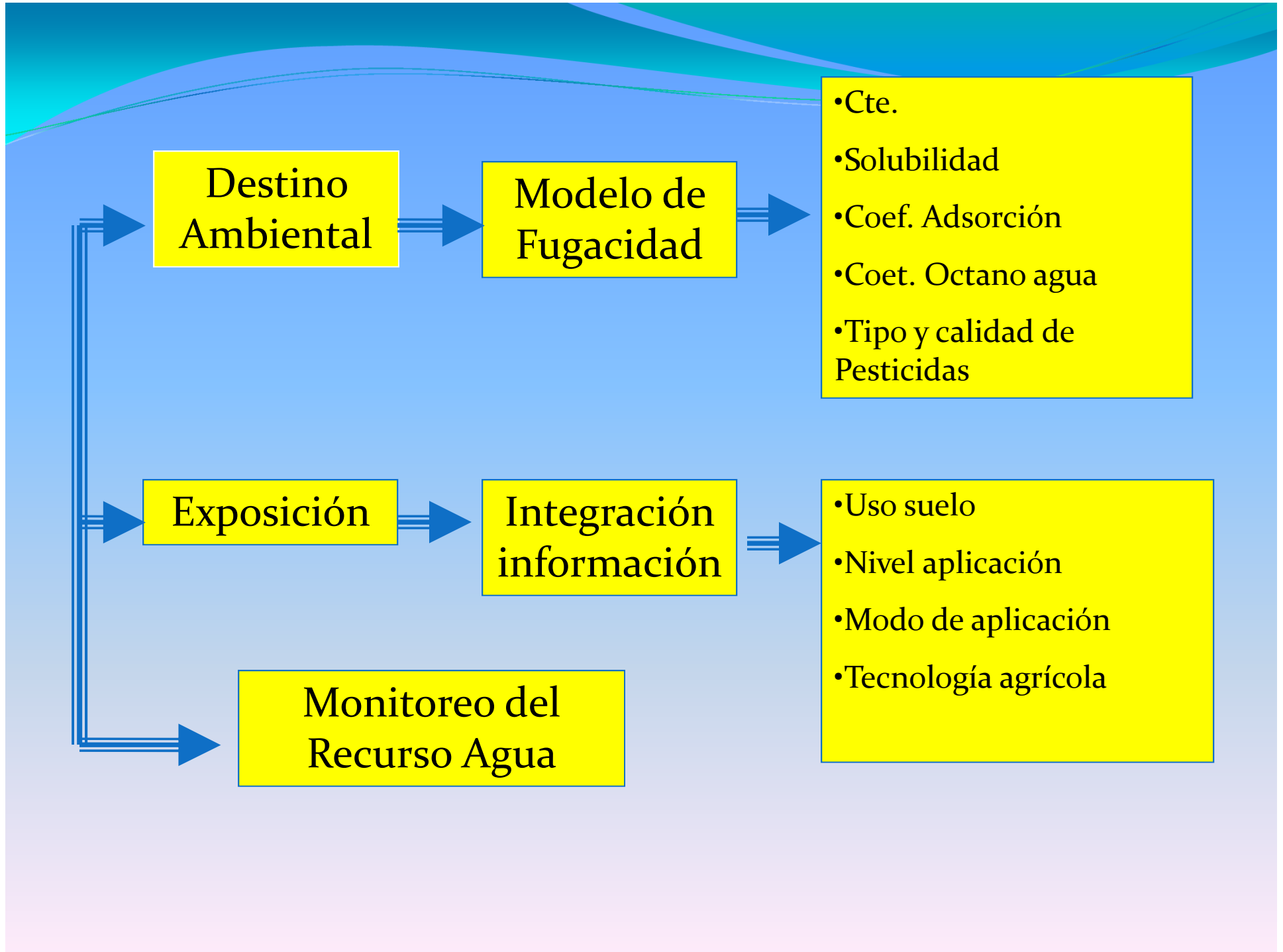
- Cte.
- Solubilidad
- Coef. Adsorción
- Coet. Octano agua
- Tipo y calidad de Pesticidas

Exposición

Integración
información

- Uso suelo
- Nivel aplicación
- Modo de aplicación
- Tecnología agrícola

Monitoreo del
Recurso Agua



* Carga Total por Ingrediente activo

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Carga (Kg)	Carga (%)	Continuación .			
Roundup Rango 480	Glifosato	5064.85	36.48	Vitavax flo	Thiram	51.65	0.37
Iloxan Cascabel	Diclofop-metil	2446.48	17.62	Lontrel	Clopiraldid	50.1	0.36
Cycosel	Cloruro de clomequat	940.82	6.78	Banvel	Dicamba	37.19	0.27
Citroliv		886.62	6.39	Galant	Haloxifop-metil	30.3	0.22
mcpa	Mcpa	867.12	6.25	Aliado Ajax	Metsulfuron-metil	39.22	0.28
Cycosel	Cloruro de colina	684.23	4.93	Logran	Triasulfuron	17.35	0.12
Graps	Tralkoxidim	534.55	3.85	Dividen	Difeconazole	10.26	0.07
Tordon	2,4 D	321.05	2.31	Simazina	Simazina	5.31	0.04
Unifiln Stik	Alquilaryl	308.62	2.22	Raxil	Tebuconazole	2.92	0.02
Duet	Epoxiconazol	267.28	1.93	Cercovin	Metiltiofanato	0.86	0.01
Duet	Carbendazim	267.28	1.93	Velpar	Hexazinona	0.11	0.00
Stereo	Propiconazol	248.88	1.79	Total	30	138839	100
Topik	Clodinafop-propargil	217.63	1.57				
Pirimor	Pirimicarb	172.55	1.24				
Iloxan	Fenoxaprop-etil	119.84	0.86				
Stereo	Cyprodinil	99.55	0.72				
Tordon	Picloram	85.2	0.61				
Topik	Cloquintocet-mexil	54.4	0.39				
Vitavax flo	Carboxina	51.65	0.37				

13883,9 Kg.

Propuesta de Monitoreo

* Evaluación de Pesticidas

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Porcentaje en agua	Carga (%)	Toxicidad (mg/l)	t	Log t12	Puntaje
		0.4	0.3			0.1	
Roundup Rango	Glifosato	100	40.85	86	0.3	1.57	73.80
Tordon	2.4 D	99.98	2.15	1.1	713	1.26	70.65
Duet	Carbendazim	96.24	1.79	0.83	99.6	2.08	69.15
Tordon	Picloram	99.92	0.57	19.3	99.7	3.26	68.54
Logran	Triasulfuron	97.21	0.01	7.8	93.6	1.45	68.25
Vitavax flo	Thiram	93.35	0.35	0.128	97.4	1.48	67.59
Graps	Tralkoxydim	89.76	3.59	7.2	100	1.4	66.40
Pirimor	Pirimicarb	95.66	1.16	29	97.6	1	65.80
Vitavax flo	Carboxina	88.18	0.35	2	90.3	0.48	65.22
Logran	Triasulfuron	99.98	0.12	100	99.3	0.65	62.59
Simazina	Simazina	89.76	0.04	100	75	2.26	56.15
Aliado Ajax	Metsulfuron-metil	100	0.26	150	66.7	1.48	55.22
Banvel	Dicamba	99.69	0.25	135.4	50	1.49	56.57
Lontrel	Clopiralid	83.77	0.34	103.5	54.9	1.85	53.45
Raxil	Tebuconazole	18.05	0.02	6.4	65.5	2.8	36.88
Iloxan Cascabel	Diclofop-metil	2.84	16.41	0.23	97.9	1.48	36.18
Topik	Clodinafop-propargil	12.01	1.46	0.39	99.9	1.11	35.31
MCPA	Mcpa	63.23	5.82	232	99.9	1.95	34.04
Iloxan	Fenoxaprop-etil	5.48	0.8	0.46	22.7	1.08	32.49
Velpar	Hexazinona	97.28	0.11	370	100	2.02	32.15
Galant	Haloxifop-metil	8.62	0.2	56.4	-23.3	1.52	28.02
Topik	Cloquintocet-metil	1.02	0.36	76	81.2	0.16	22.93
Cycosel	Cloruro de clomequat	100	6.31	1000	74.7	1.48	-27.96

-233.3_{1/2}
(días)

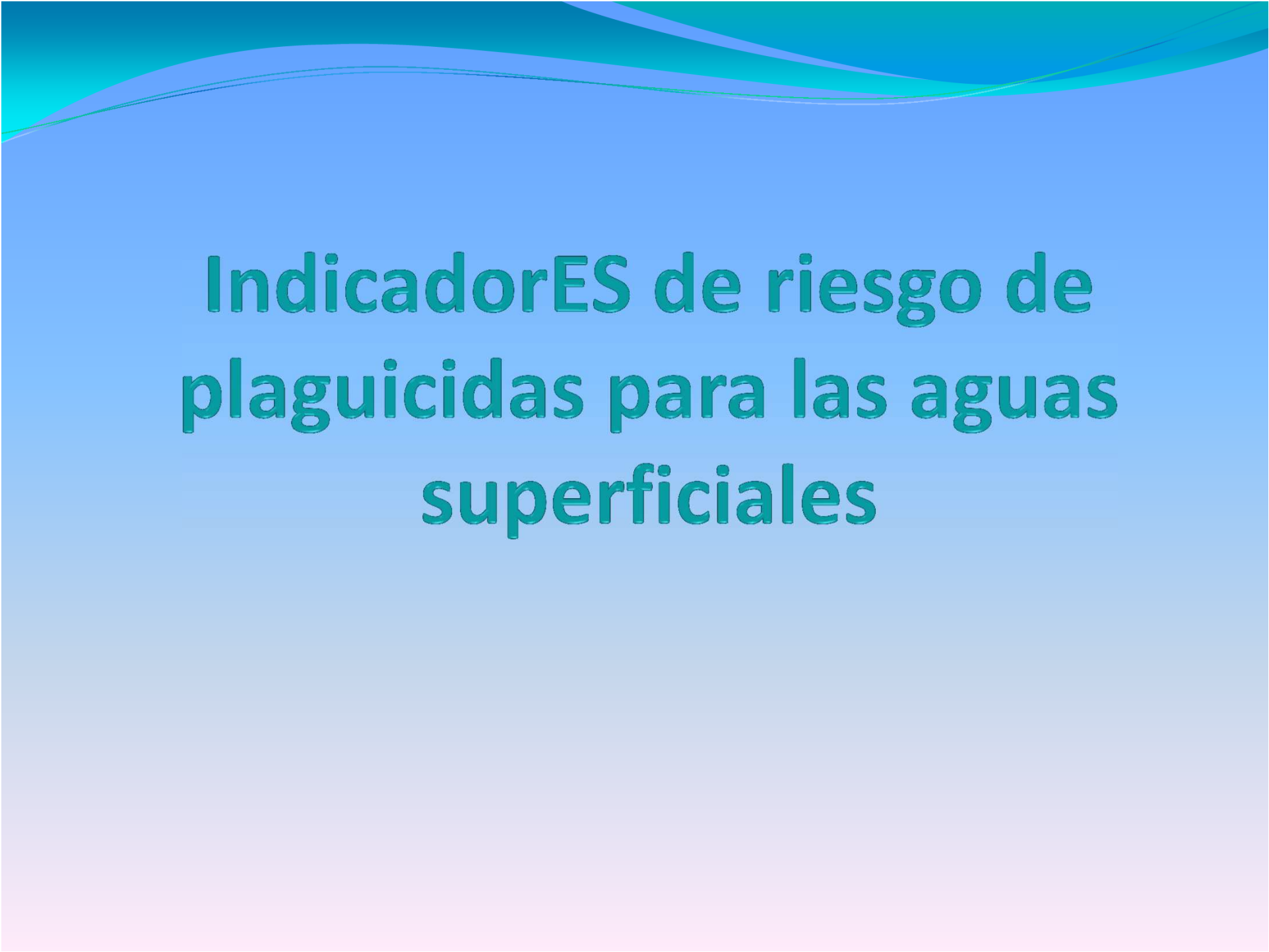
Environmental risk like risk quotient (PEC/PNEC)				
Pesticide	Acute toxicity	PNEC	PEC	RQ
2,4-D	24.2 ^a	0.24	0.8	3.3
Picloram	3100 ^b	31.00	0.3	9.6×10^{-6}
Simazine	2.24 ^a	0.02	0.7	31.3
Hexazinone	9.0 ^a	0.09	3.0	33.3
Carbendazim	24.0 ^b	0.24	0.4	1.7

The assessment factor (AF) of 100 is used.

^a ECOTOX Database USEPA.

^b PAN Pesticides Database.

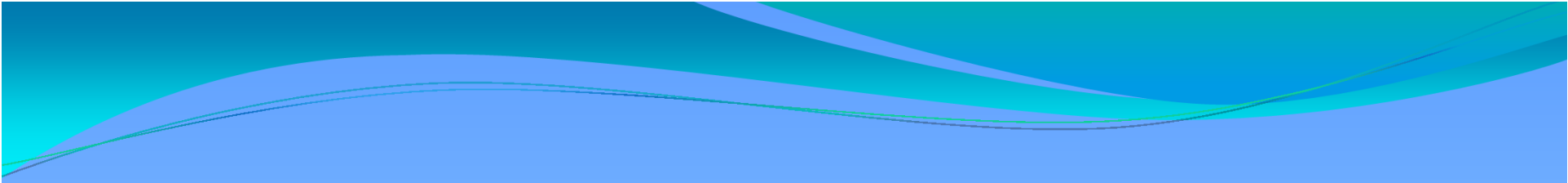
GRACIELA PALMA, ALEJANDRA SÁNCHEZ, YOHANA OLAVE, FRANCISCO ENCINA, RODRIGO PALMA, RICARDO BARRA. 2004. Pesticide measurement in surface water monitoring in a river of agricultural and forestry basin (Chile). Chemosphere Chemosphere 57 (2004) 763-770



IndicadorES de riesgo de plaguicidas para las aguas superficiales

Algunos indicadores de la literatura

1. *Chemical Hazard Evaluation for Management Strategies: CHEMS-1*
2. ***Environmental Impact Quotient: EIQ***
3. ***Synoptisches Bewertungsmodell für Pflanzenschutzmittel: SYNOPS-2***
4. *System for Predicting the Environmental Impact of Pesticides: SyPEP*
5. *Hasse Diagram: HD*
6. *Pesticide Environmental Impact Indicator: Ipest*
7. *Pesticide Environmental Risk Indicator: PERI*
8. **REXTOX**
9. **ADSCOR**
10. *Environmental Performance Indicator of Pesticides (p-EMA)*
11. *Environmental Yardstick for Pesticides: EYP*
12. ***Environmental Risk Index of Pesticides: ERIP***
13. *Environmental Potential Risk Indicator for Pesticides: EPRIP-2*
14. *Pesticide Impact Rating Index: PIRI*
15. *Ecological Relative Risk: EcoRR*
16. *otros.*



La agrupación de información contenida en los indicadores ambientales busca representar un **complejo sistema en pocas cifras específicas**, para que puedan ser utilizadas por encargado de toma de decisiones (Dubus y Surdyk, 2006).

■ Diferentes metodologías:

- Puntaje Relativo (*Relative Scoring*)
- Ranking Relativo (*Relative Ranking*)
- Tasa de Riesgo (*Risk Rate*)
- Sistema Experto de Lógica Difusa (*Fuzzy Logic Expert System*)

Compartimientos ambientales que incorporan los 20 indicadores de riesgo seleccionados

Compartimientos/ Indicadores	ADSCOR	CHEMS-1	EcoRR	EIQ	EPRIP-2	ERIP	EYP	HD	p-EMA	PERI
Aguas superficiales	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Aguas subterráneas			*		*		*	*	*	*
Suelo			*	*	*	*	*	*	(*)	
Aire			*		*				(*)	*
Compartimientos/ Indicadores	PIRI	POCER-2	REXTOX	SYNOPS 2	SyPEP	Win-PST	MATF	Ipest	Rpest	PestScreen
Aguas superficiales	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*a
Aguas subterráneas	*	*		*	*	*		*	*	*a
Suelo		*		*						*a
Aire		*		(*)				*		*a

Fuentes: Modificado de Reus (2002) y van Bruggen et al., 2006.

(*) Compartimiento se encuentra rudimentariamente elaborado.

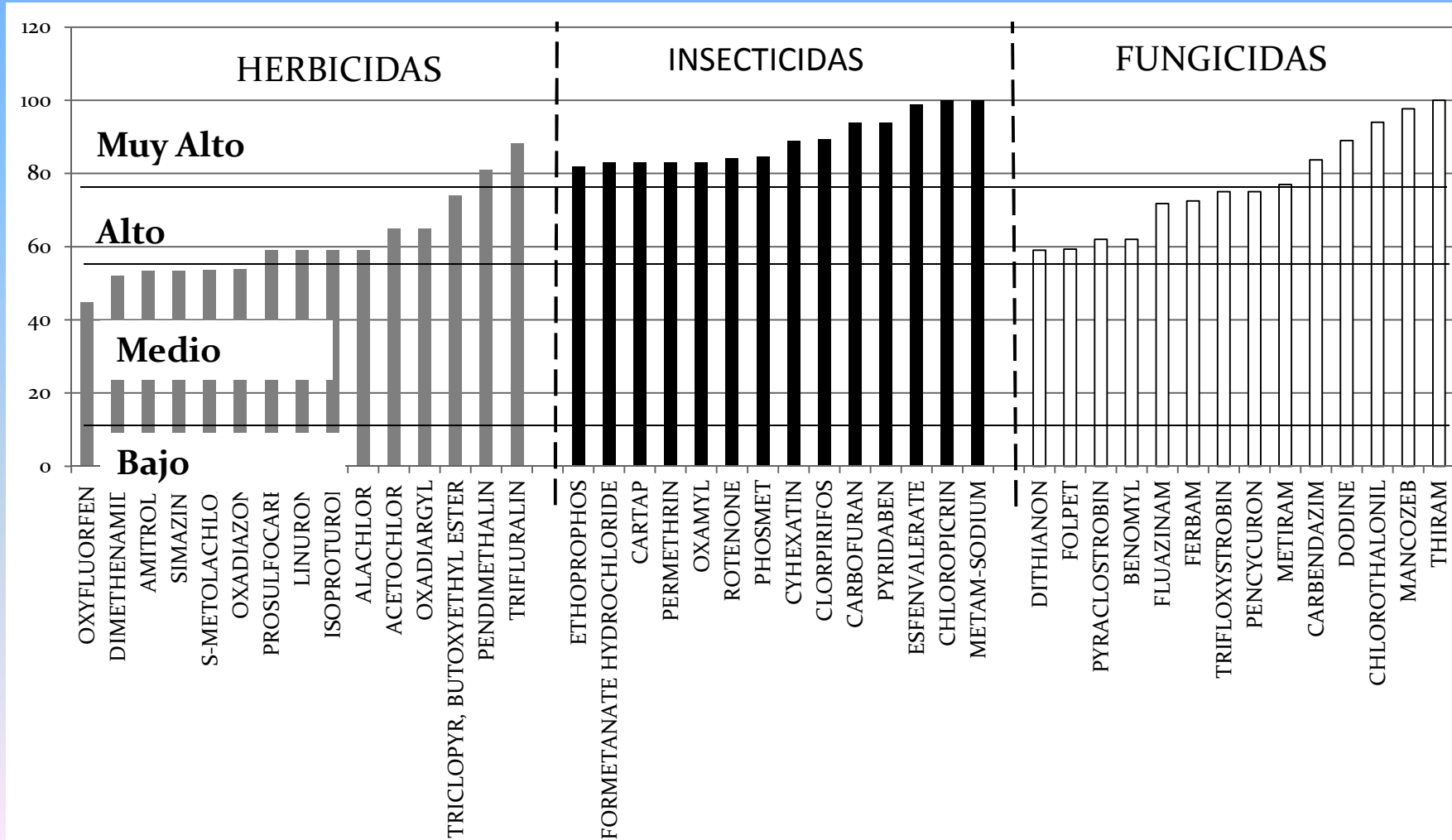
*a El análisis incorpora implícitamente todos los compartimientos (agua, suelo y aire) (Juraske et al., 2007)

Propiedades ecotoxicológicas de los indicadores

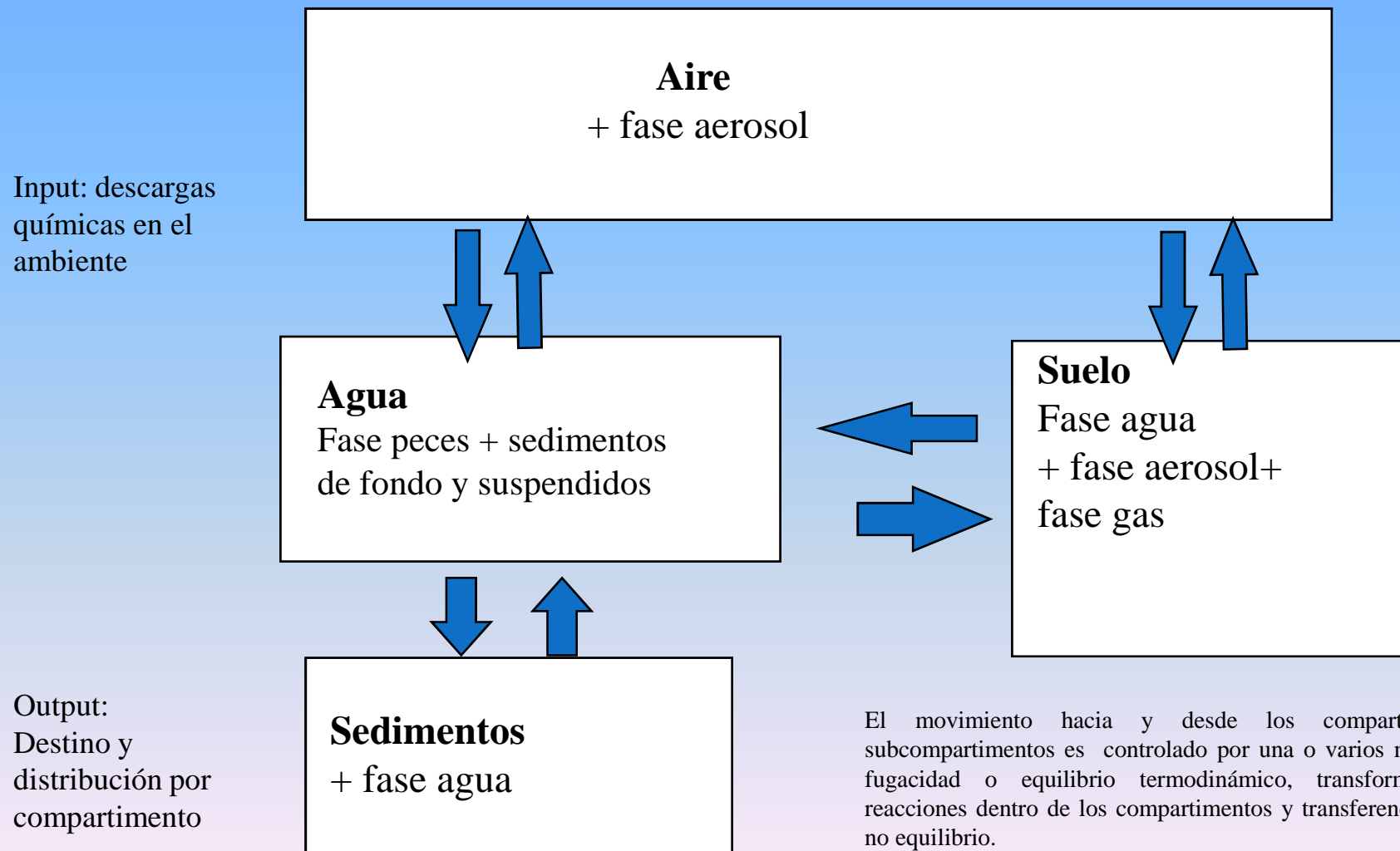
Efectos ecotoxicológicos	ADSCOR	CHEMS-1	EcoRR	EIQ	EPRIP-2	ERIP	EYP	HD	p-EMA	PERI
Salud humana		*		*	*		(*)		*	
LC ₅₀ alga, <i>Daphnia</i> , peces	*	*a	*	*	*	*	*	*	*c	*b
NOEC alga, <i>Daphnia</i> , peces	*	*a	*			*	*		*c	*b
Abejas				*		*			*	*b
Organismos del suelo					*	*		*		*b
Bioacumulación		*	*			*			*	*
Efectos ecotoxicológicos	PIRI	POCER-2	REXTOX	SYNOPS-2	SyPEP	Win-PST	MATF	Ipest	Rpest	PestScreen
Salud humana		*			(*)	*		*	*	*
LC ₅₀ alga, <i>Daphnia</i> , peces	*	*	*	*	*d	*	*	*	*	*a
NOEC alga, <i>Daphnia</i> , peces		*	*	*	*d	*	*		*	
Abejas		*					*			*
Organismos del suelo		*		*						
Bioacumulación						*	*			*

Fuente: Modificado de Reus (2002)

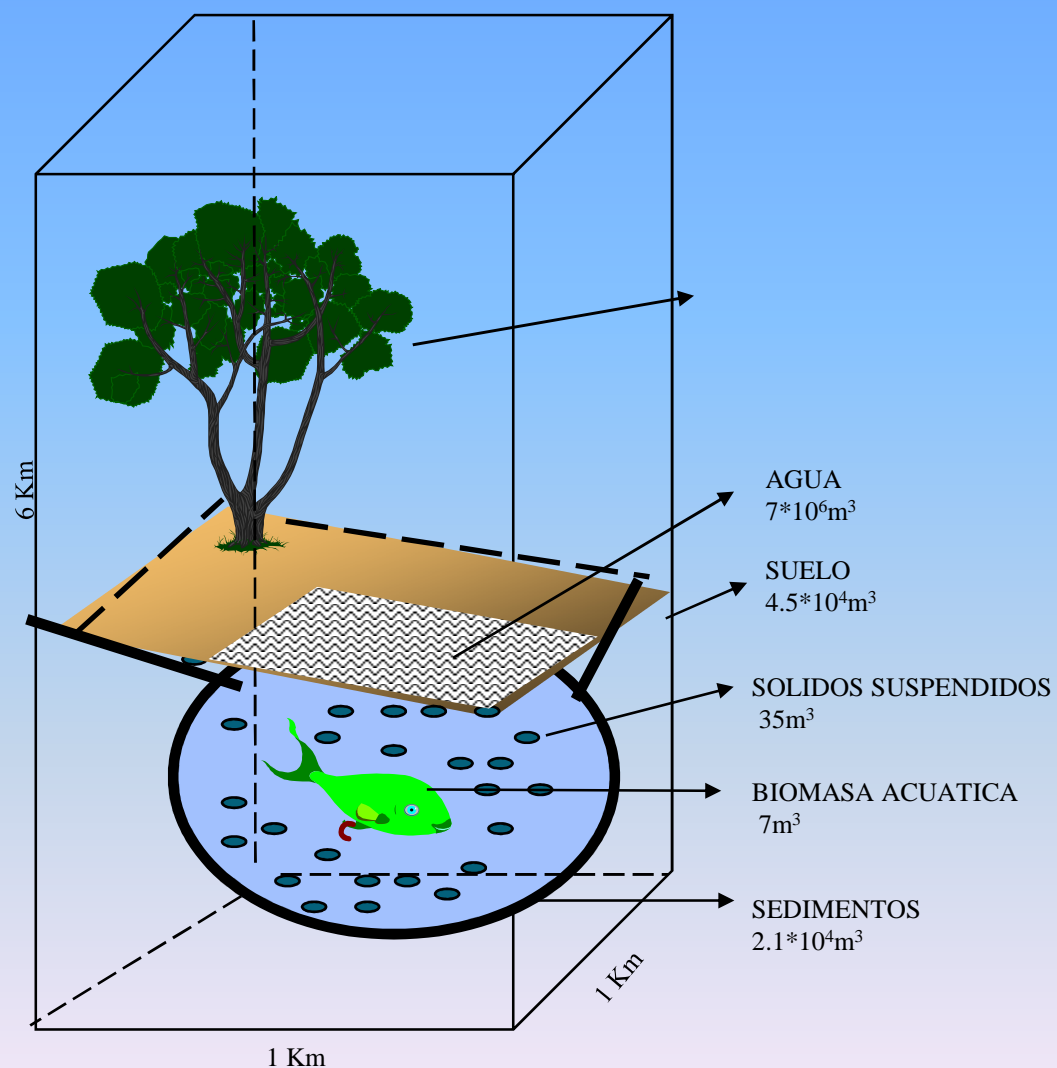
Caracterización del riesgo de 15 fungicidas, herbicidas e insecticidas con valores PRISW-1 más altos



Modelos Multicompartimentales de Destino de Contaminantes en el Ambiente

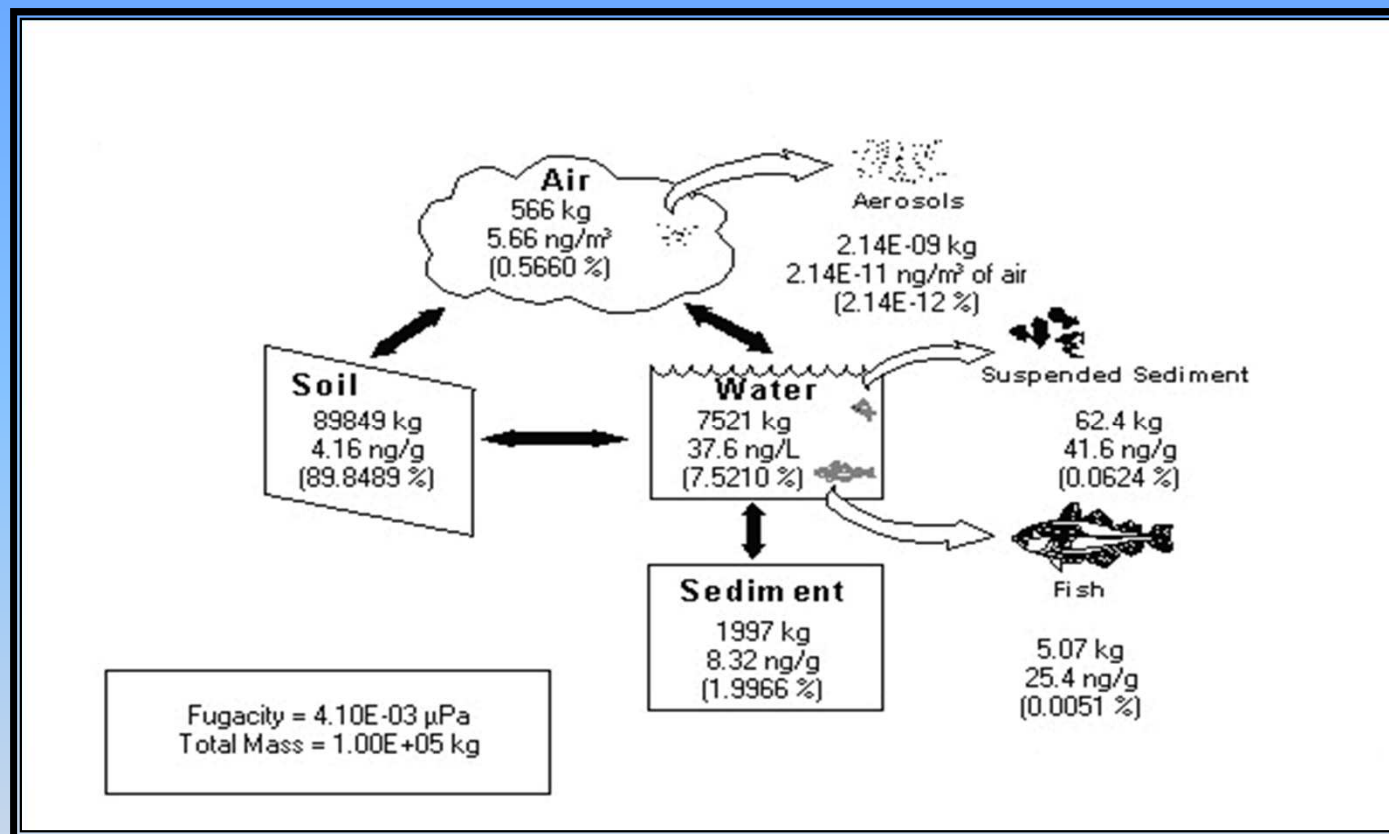


Unidad de Mundo “Ambiente Genérico”



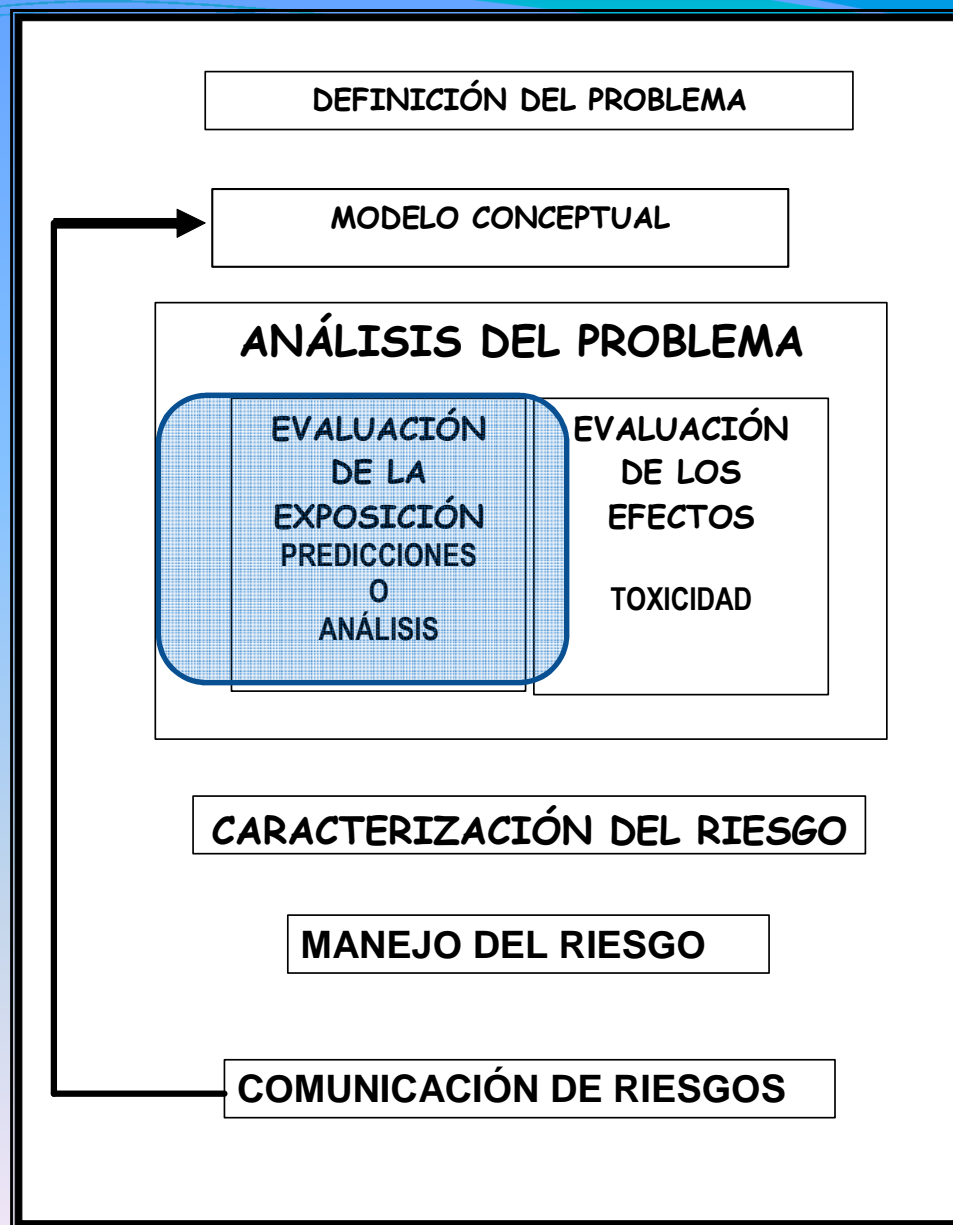
Niveles de complejidad en modelos multicompartimentales

Modelo Nivel	Condiciones evaluadas	Información de destino obtenida
I	Equilibrio de partición bajo estado estacionario	<ul style="list-style-type: none"> El compartimento primario hacia el cual la sustancia se reparte y las concentraciones relativas en los compartimentos incluyendo la tendencia a la bioacumulación.
II	Como en el nivel I más las pérdidas por transporte advectivo y reacciones de degradación.	<ul style="list-style-type: none"> El tiempo aproximado de residencia o persistencia, los mecanismos dominantes de pérdida por advección o reacción, transporte hacia afuera por aire o agua.
III	No equilibrio, estado estacionario	<ul style="list-style-type: none"> como el destino es afectado por las descargas, que proceso de transporte intermedio es mas importante, y que procesos dan cuenta de la contaminación en medios distintos a los que reciben las descargas, persistencia
IV	El mismo que el nivel III, pero en estado no estacionario	<ul style="list-style-type: none"> El tiempo necesario para alcanzar una determinada concentración, esto puede ser aproximado desde un modelo nivel III como el tiempo de residencia, persistencia o cantidad en el sistema dividido por la tasa de descarga.



Simulación del nivel I de fugacidad basado en propiedades físico-químicas del Tribromofenol (TBP), se estimó el destino potencial en porcentajes (%) en los distintos compartimentos ambientales.

Determinación de pesticidas agrícolas en agua superficial por simulación numérica en la cuenca del río Traiguén



Requisitos para el modelo

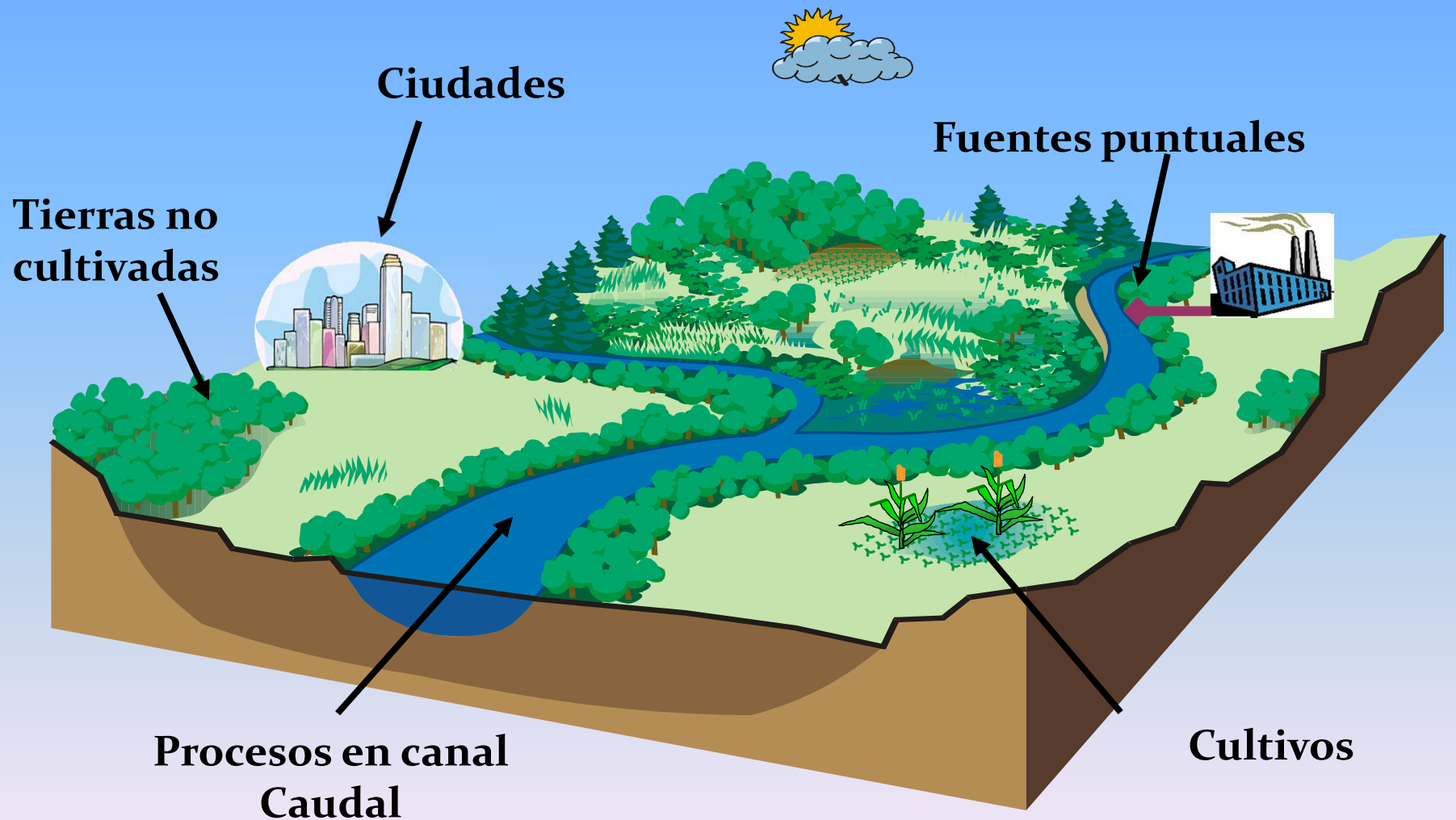
- Modelo hidrológico de parámetros distribuidos.
- Modelación hidrológica continua.
- Modelo de calidad de agua con capacidad para simular pesticidas.
- Integración con Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Disponibilidad (software propietario o libre).

Modelo seleccionado: SWAT

- SWAT: Soil and Water Assessment Tool
- Desarrollado por el Departamento de Agricultura de EEUU (USDA).
- Interfaz gráfica AVSWAT complemento de SIG ArcView.

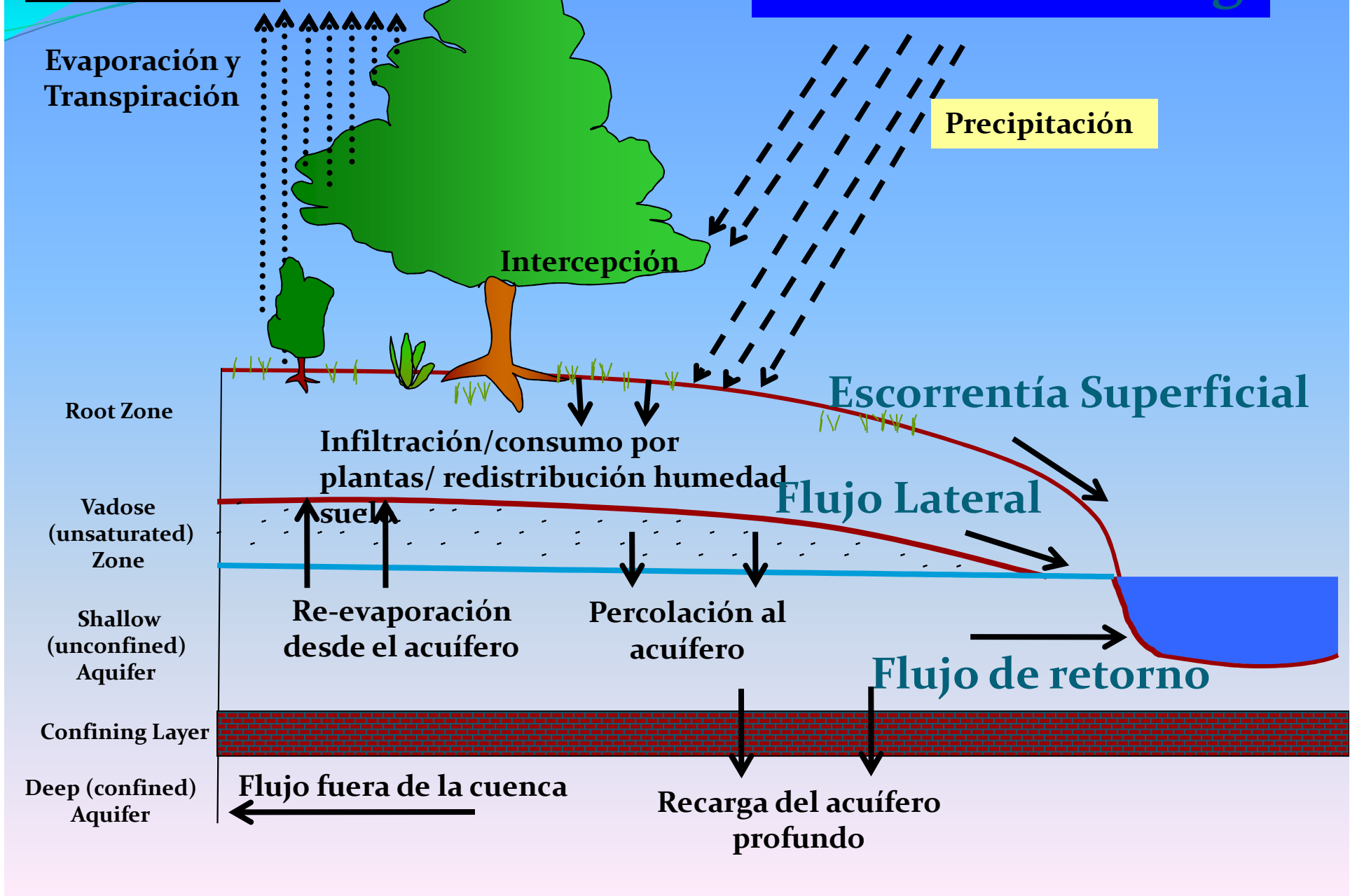


Sistema de Cuenca



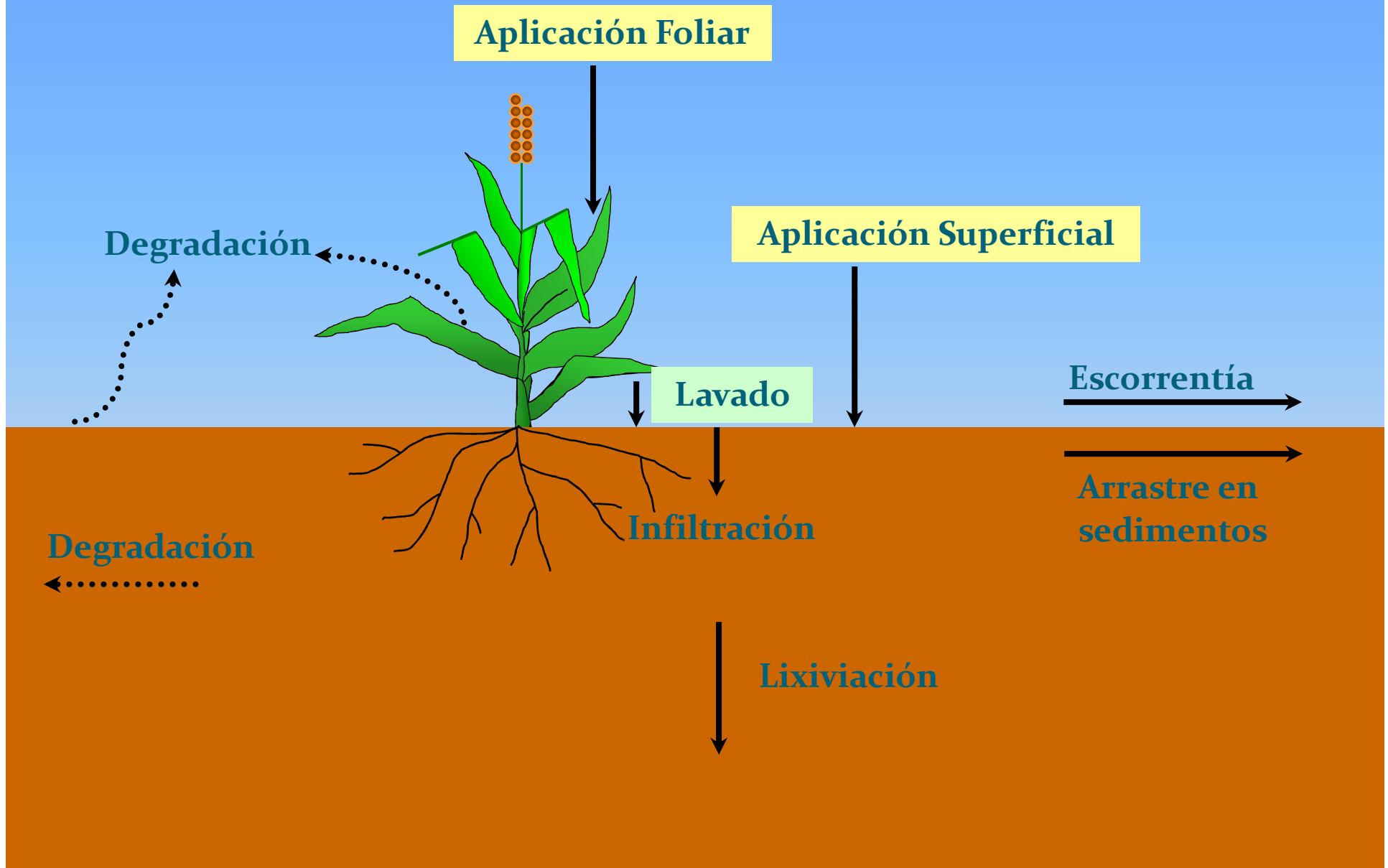


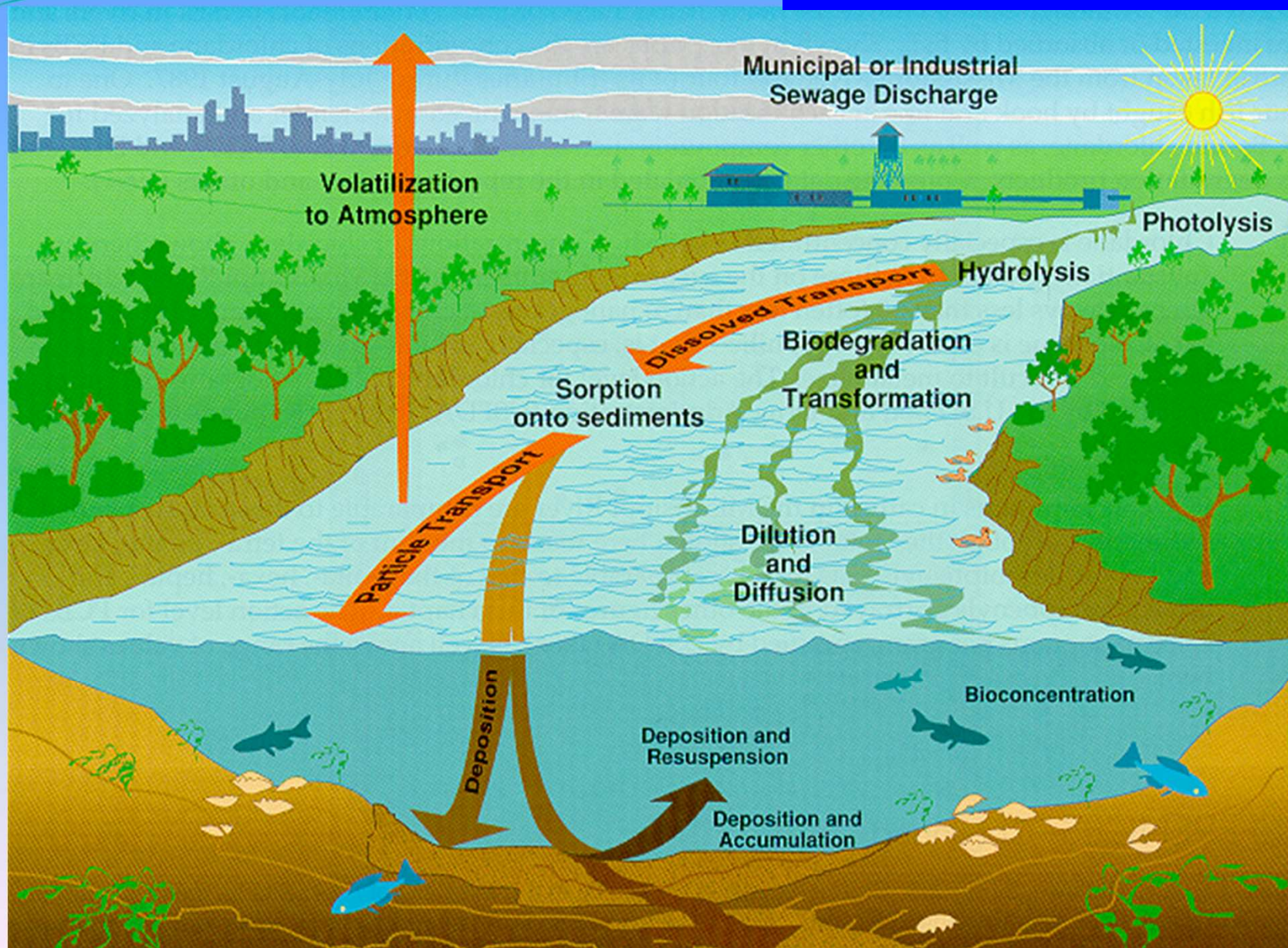
Balance hidrológico





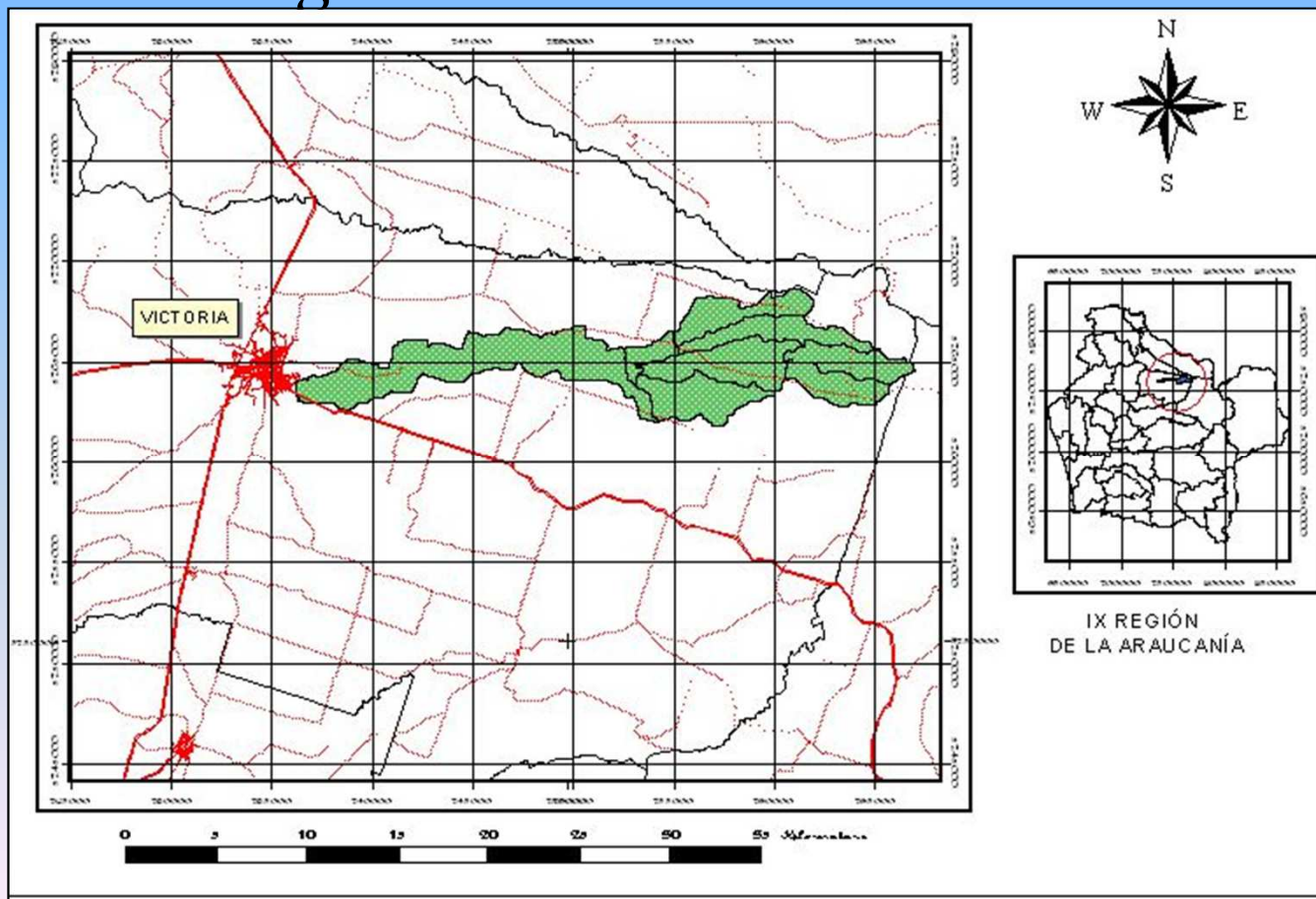
Dinámica de Pesticidas





Área de estudio.

- Río Traiguén en Victoria.



350-1050 msnm

10780 ha

30 Km

vct_final.avsx - AVSWAT-X for SWAT2003 - Blackland Research Center - Ver. Beta 1.99 03/02/2005

File Edit View Theme Analysis Surface Graphics Window Ayswatx Help

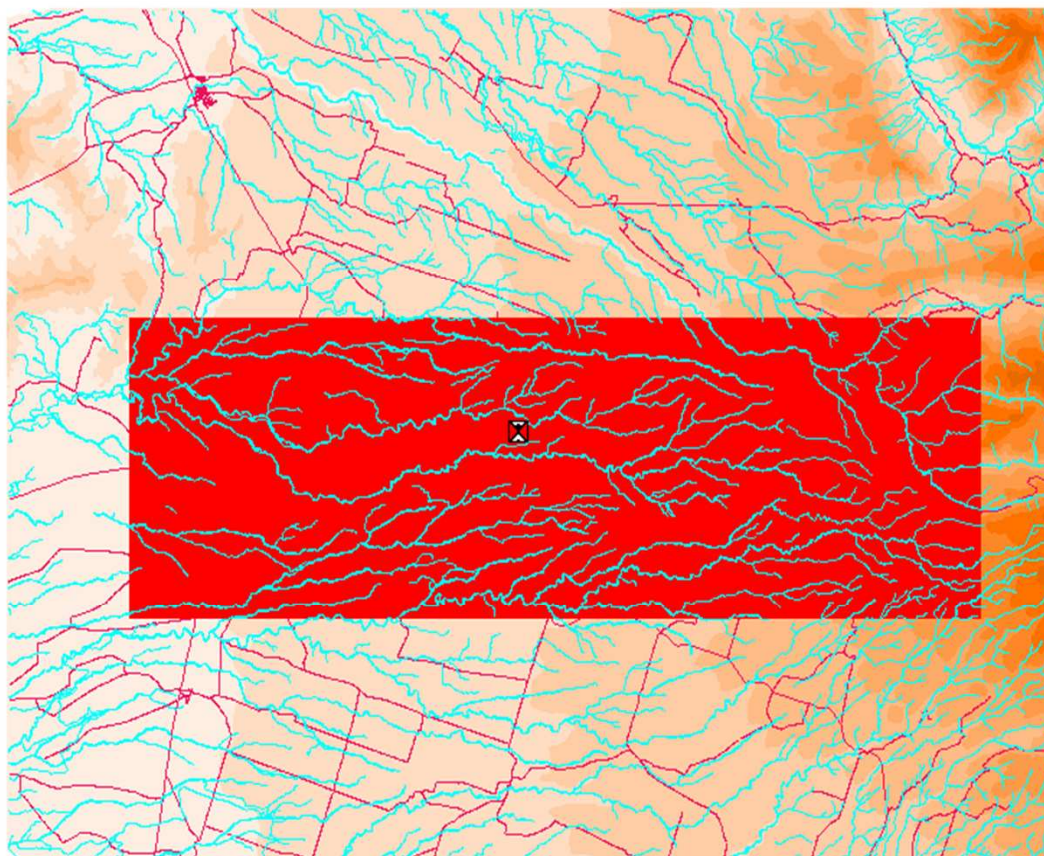


Scale 1:300,106

720,130.47
5,759,737.50

Watershed

- ☒ Digitized streams
- ☒ Mask
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
- ☒ Redvial.shp
- ☒ Redhidro.shp
- ☒ Dem
 - 175 - 322.222
 - 322.222 - 468
 - 468.444 - 616
 - 616.667 - 763
 - 763.889 - 911
 - 911.111 - 1058
 - 1058.333 - 1205
 - 1205.556 - 1352
 - 1352.778 - 1500



Watershed Del...

Stop

vct_finalavsx - AVSWAT-X for SWAT2003 - Blackland Research Center - Ver. Beta 1.99 03/02/2005

File Edit View Theme Analysis Surface Graphics Window Ayswatx Help

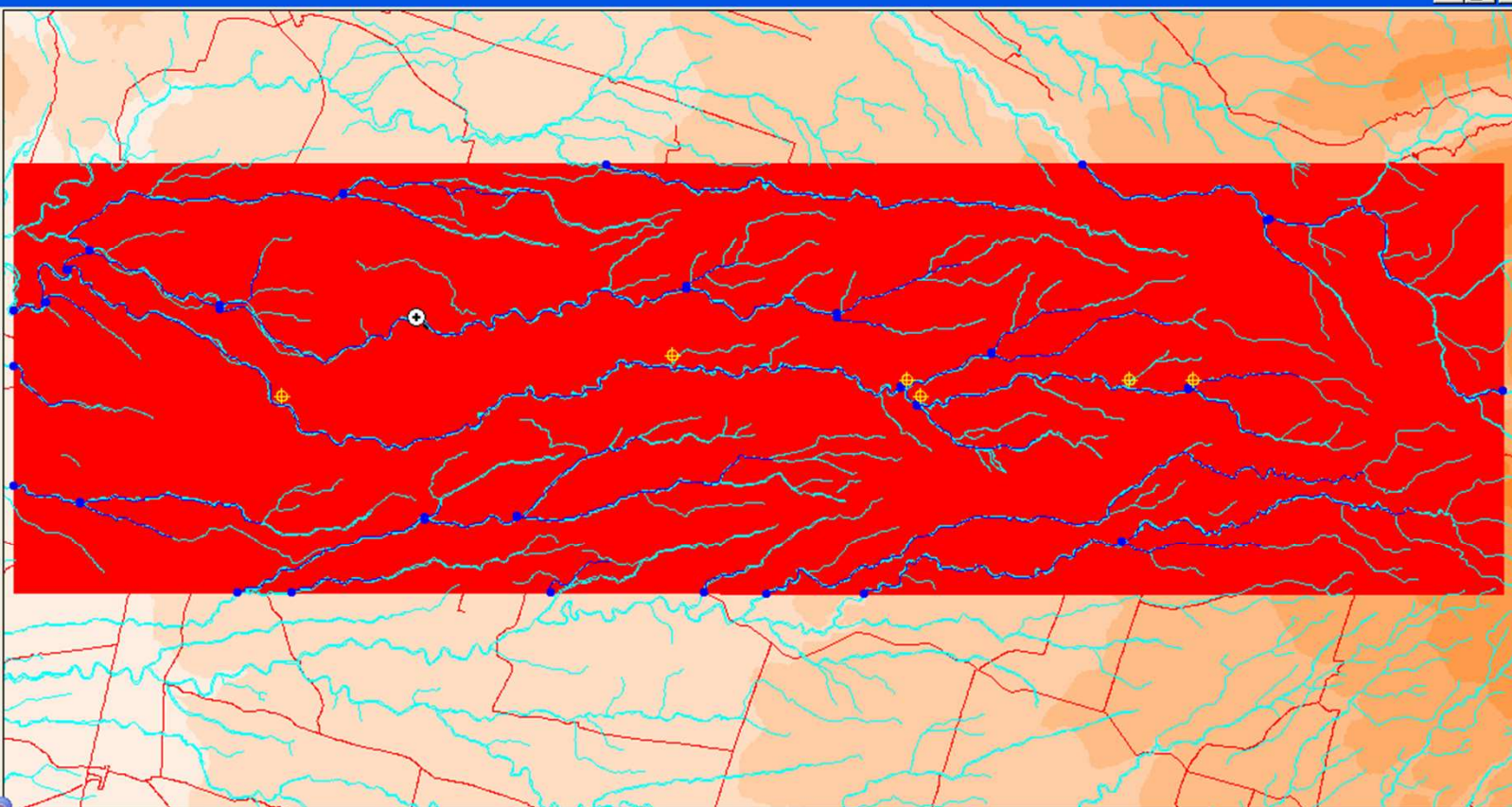


Scale 1:152,320

738,813.84
5,767,343.57

Watershed

- ☒ Ptos_muestreo.shp
 -
- ☒ Outlets
 - Linking stream
- ☒ Streams
 -
- ☒ Digitized streams
 -
- ☒ Mask
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
- ☒ Redvial.shp
 -
- ☒ Redhidro.shp
 -
- ☒ Dem
 - 175 - 322,222
 - 322,222 - 486
 - 486,444 - 616
 - 616,667 - 763
 - 763,889 - 911
 - 911,111 - 106
 - 1058,333 - 12
 - 1205,556 - 13
 - 1352,778 - 15



Watershed Del...

vct_finalavsx - AVSWAT-X for SWAT2003 - Blackland Research Center - Ver. Beta 1.99 03/02/2005

File Edit View Theme Analysis Surface Graphics Window Ayswatx Help

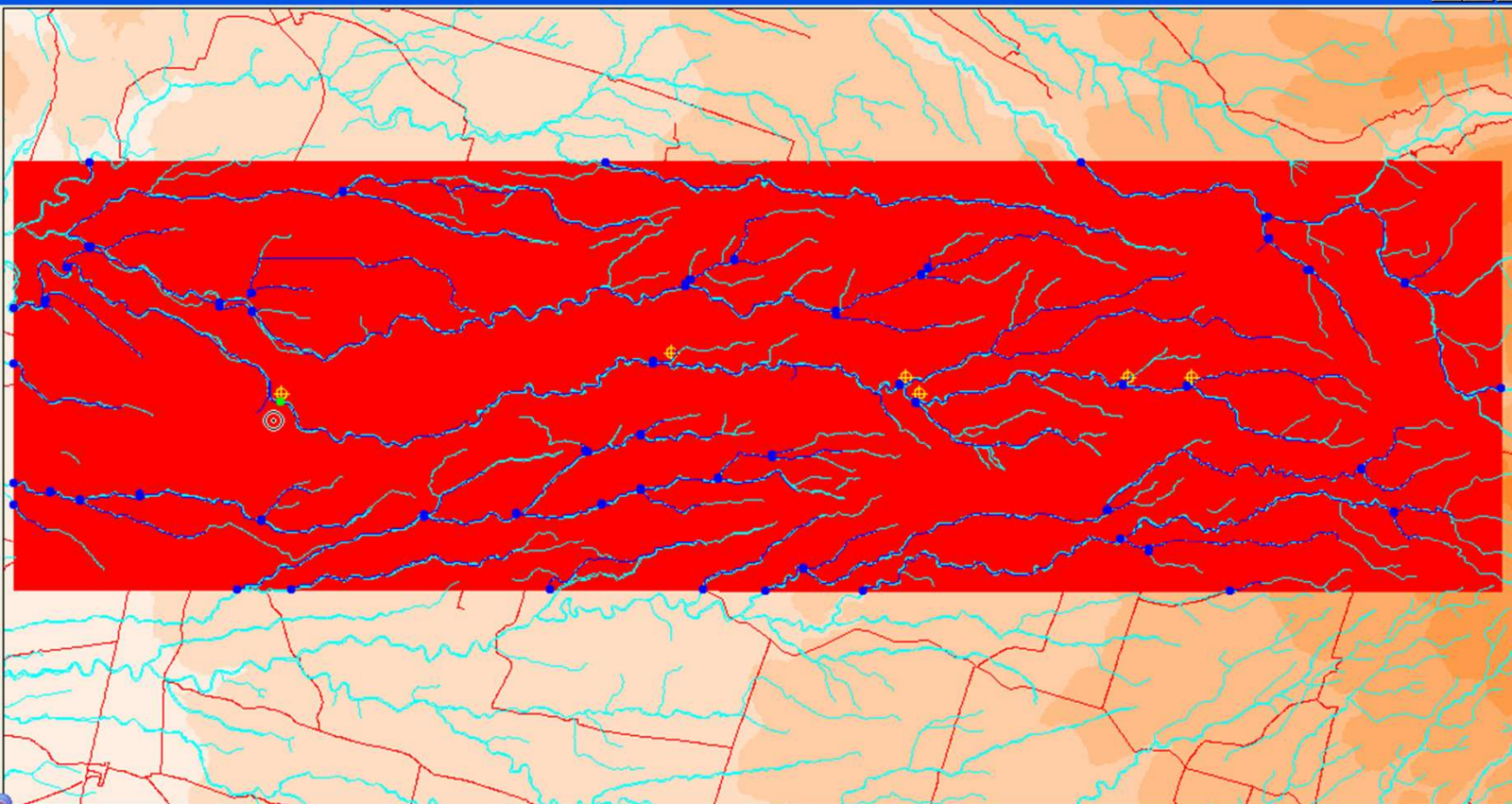


Scale 1:152,320

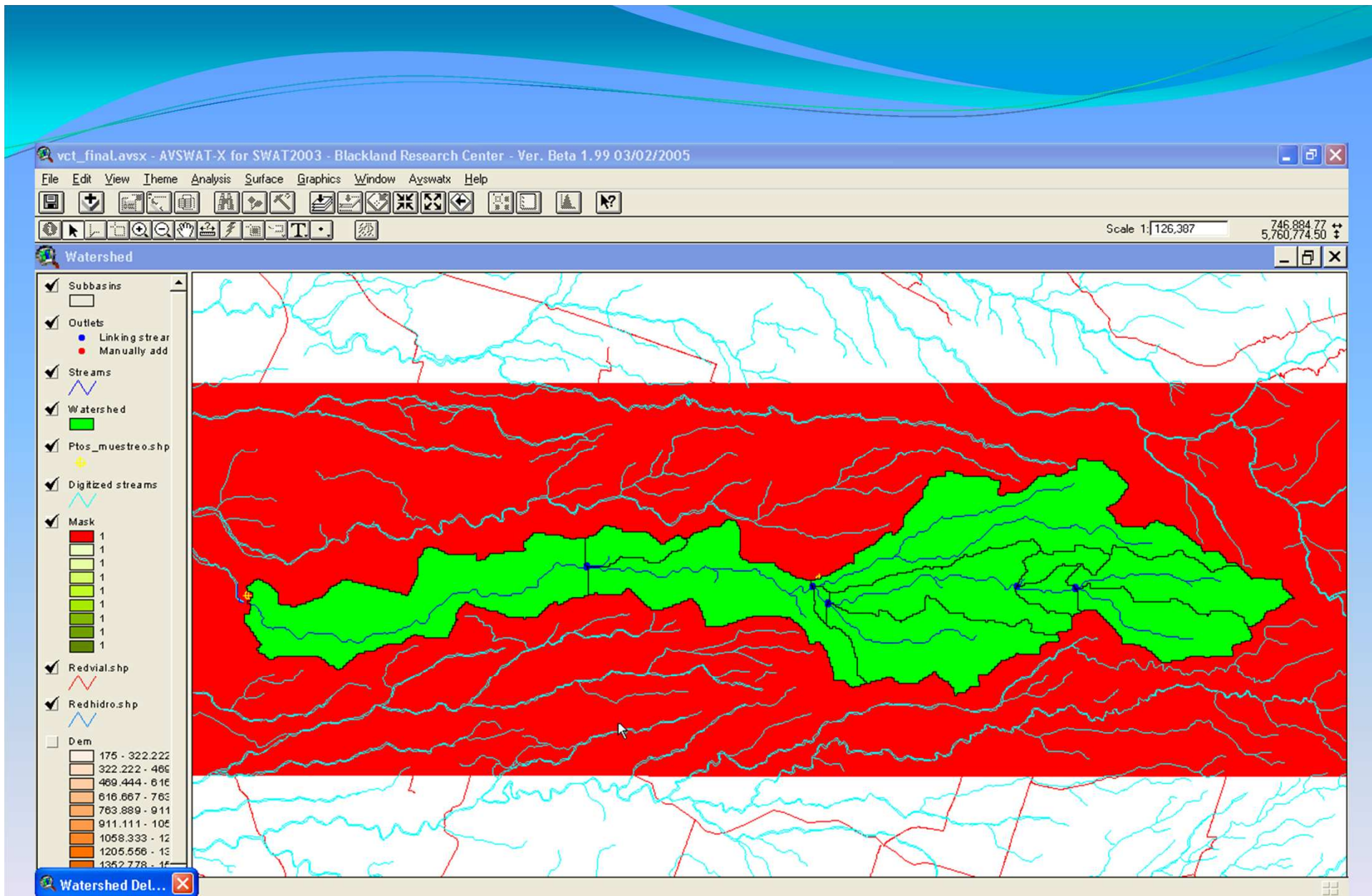
734,582.17
5,764,200.04

Watershed

- ☒ Outlets
 - Linking stream
 - Manually add
- ☒ Streams
 - ~ Ptos_muestreo.shp
 - ~ Digitized streams
- ☒ Mask
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
 - 1
- ☒ Redvial.shp
- ☒ Redhidro.shp
- ☒ Dem
 - 175 - 322,222
 - 322,222 - 486
 - 486,444 - 610
 - 610,667 - 763
 - 763,889 - 911
 - 911,111 - 105
 - 1058,333 - 12
 - 1205,556 - 13
 - 1352,778 - 15



Watershed Del...



vct_final.lavsx - AVSWAT-X for SWAT2003 - Blackland Research Center - Ver. Beta 1.99 03/02/2005

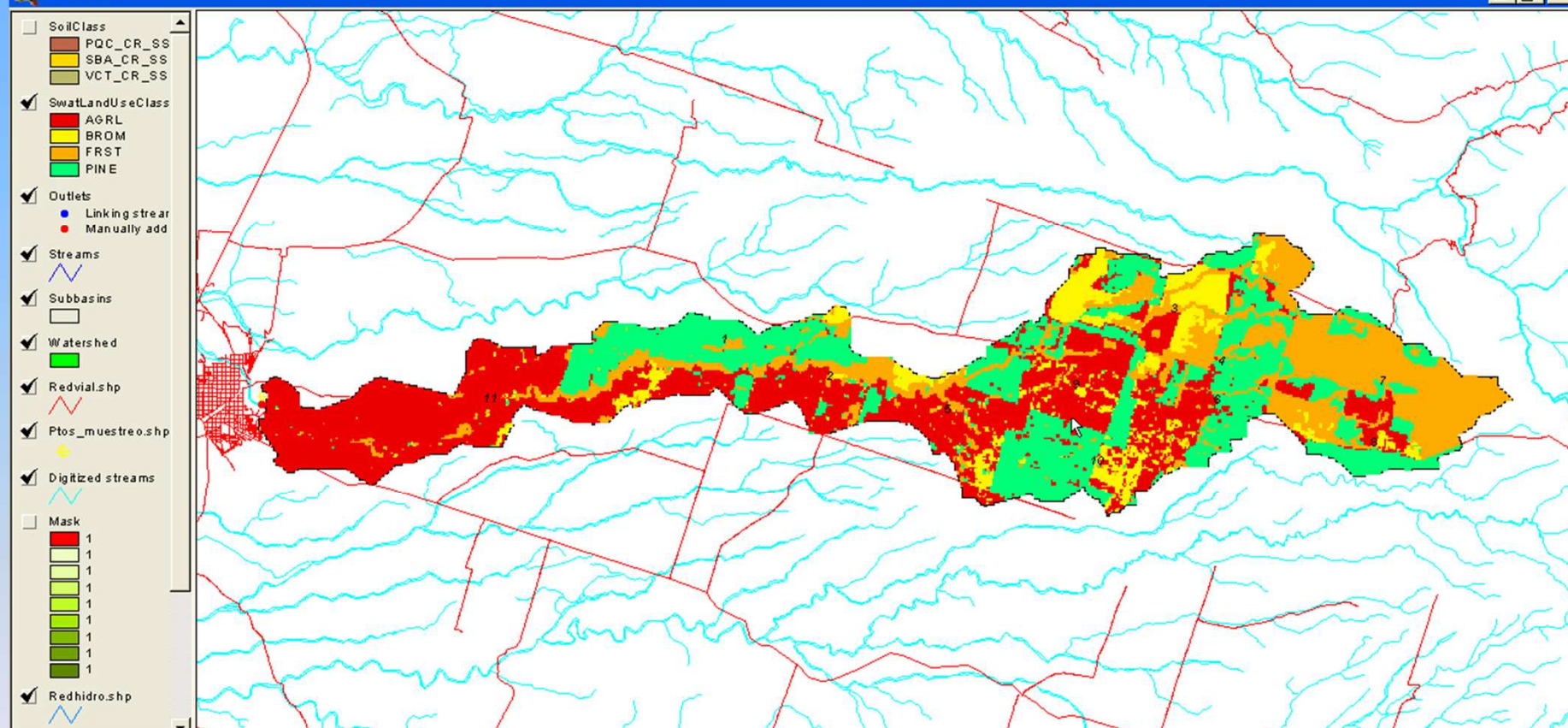
File Edit View Theme Analysis Surface Graphics Window Ayswatx Help



Scale 1:126,387

756,883.23
5,764,352.58

Watershed



vct_final.lvsx - AVSWAT-X for SWAT2003 - Blackland Research Center - Ver. Beta 1.99 03/02/2005

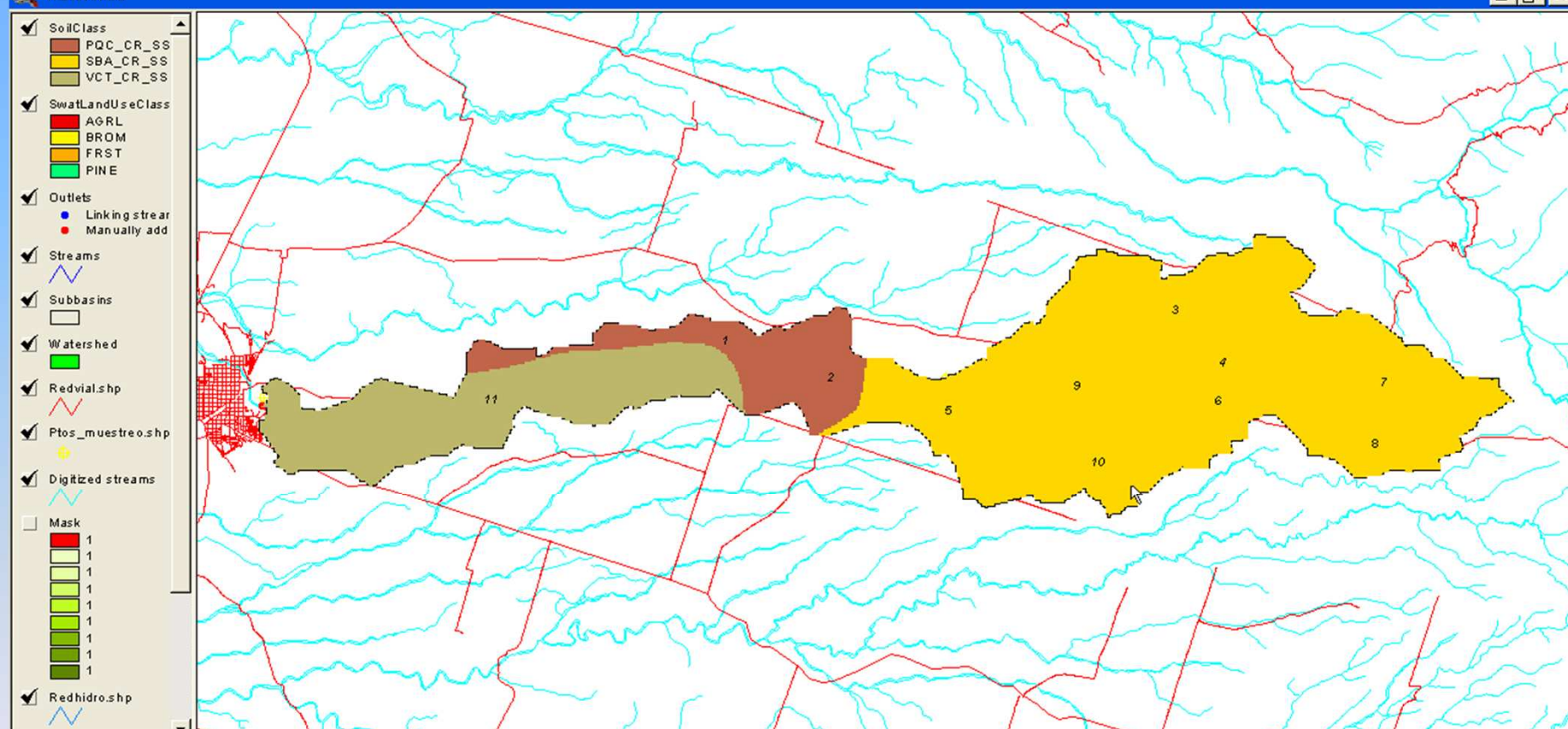
File Edit View Theme Analysis Surface Graphics Window Ayswatx Help



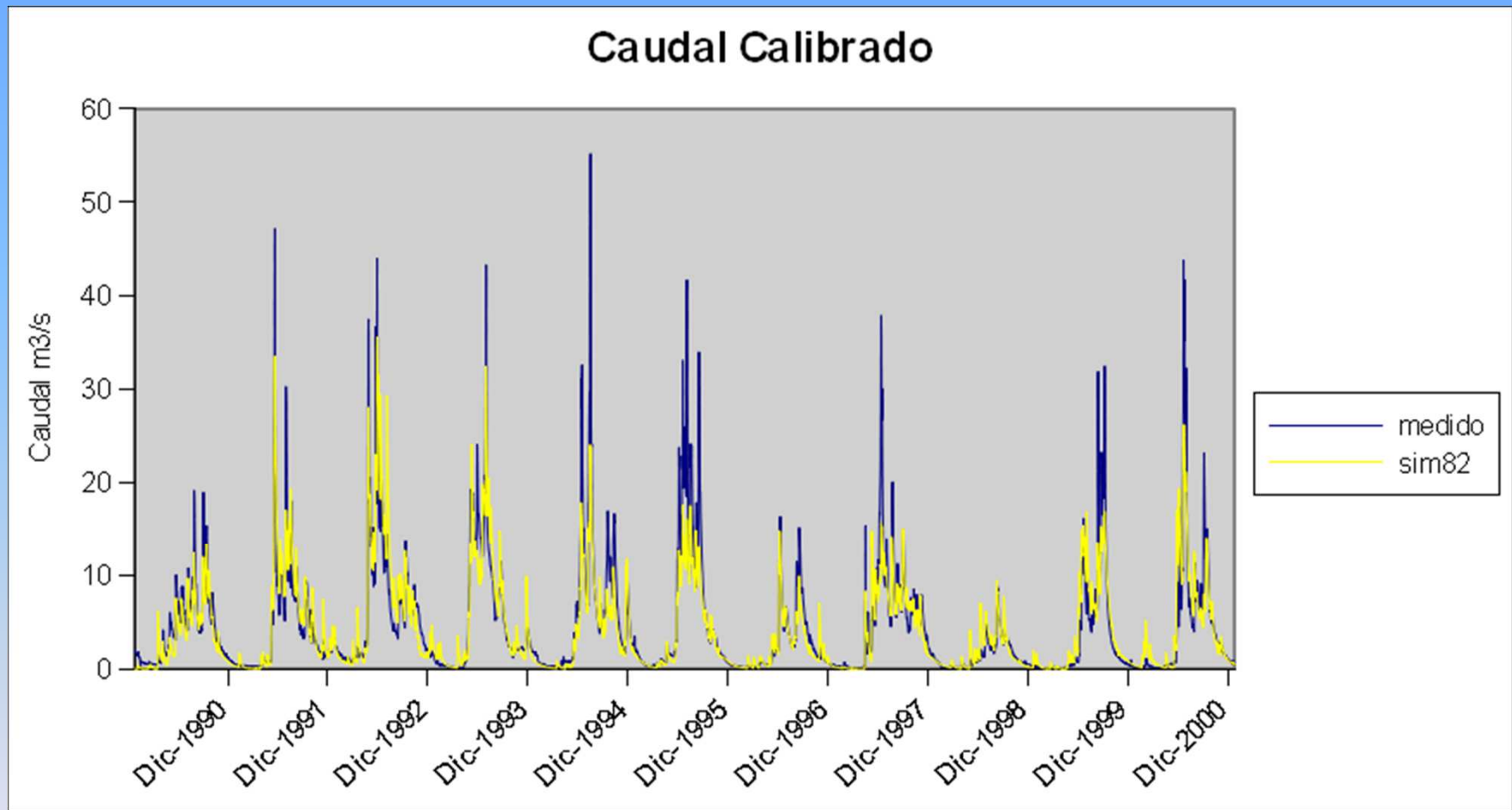
Scale 1:126,387

758,521.89
5,762,546.82

Watershed



Nº de Ranking	Nombre de la variable	Definición de la variable
1	rchrg_dp	Tasa de recarga de acuífero profundo.
2	CN ₂	Número de curva.
3	GWQMN	Cantidad de agua necesaria en el subsuelo para que se produzca flujo de retorno.
4	GWREVAP	Coeficiente de reevaporación del agua del subsuelo.
5	ESCO	Coeficiente de compensación de la evaporación del suelo
6	sol_z	Profundidad del Suelo.
7	SOL_AWC	Cantidad de agua disponible en el suelo (para consumo de plantas).
8	SFTMP	Temperatura del aire a la cual precipita en forma de nieve.
9	canmx	Cantidad de agua retenida por la cobertura vegetal (hojas)
10	sol_k	Conductividad hidráulica saturada del suelo.



COE = 0.79