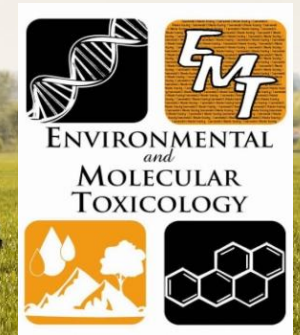
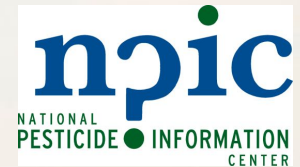




Evaluación de riesgos ecológicos de la EPA de EE. UU.

Jeffrey Jenkins, Profesor Emérito
Toxicología ambiental y molecular
Oregon State University



Evaluación de riesgos de plaguicidas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)

- Determinar los riesgos de impactos adversos para la salud humana y el medio ambiente:
 - **Toxicidad** para los seres humanos y la vida silvestre
 - Oportunidades de **exposición**
- Decisión de registro/reinscripción
- Mitigar los riesgos con restricciones en etiquetas



Evaluación de riesgos específicos del cultivo o del sitio

- Recursos ambientales y de salud humana que son motivo de interés
- Prácticas de manejo de plagas
- Prácticas de uso de plaguicidas: por qué, cuándo, dónde, cómo, cuánto, con qué frecuencia
 - Prácticas de uso de plaguicidas
 - Características del paisaje (cobertura terrestre, suelos)
 - Carga hidráulica (riego o lluvia)
 - Toxicidad de los plaguicidas para los seres humanos y la vida silvestre

Manejo de plagas y plaguicidas

- Comprender el destino y los efectos de los plaguicidas: ¿a qué escala?
 - **Escala de campo** : eficacia, impacto en los beneficios, potencial de movimiento fuera del sitio.
 - **Escala de cuenca hidrográfica** : integración de impactos a nivel de campo, énfasis particular en la calidad del agua.
 - **Escala regional** : integración de los efectos a nivel de cuenca hidrográfica y cuenca atmosférica, transporte a larga distancia de plaguicidas persistentes.

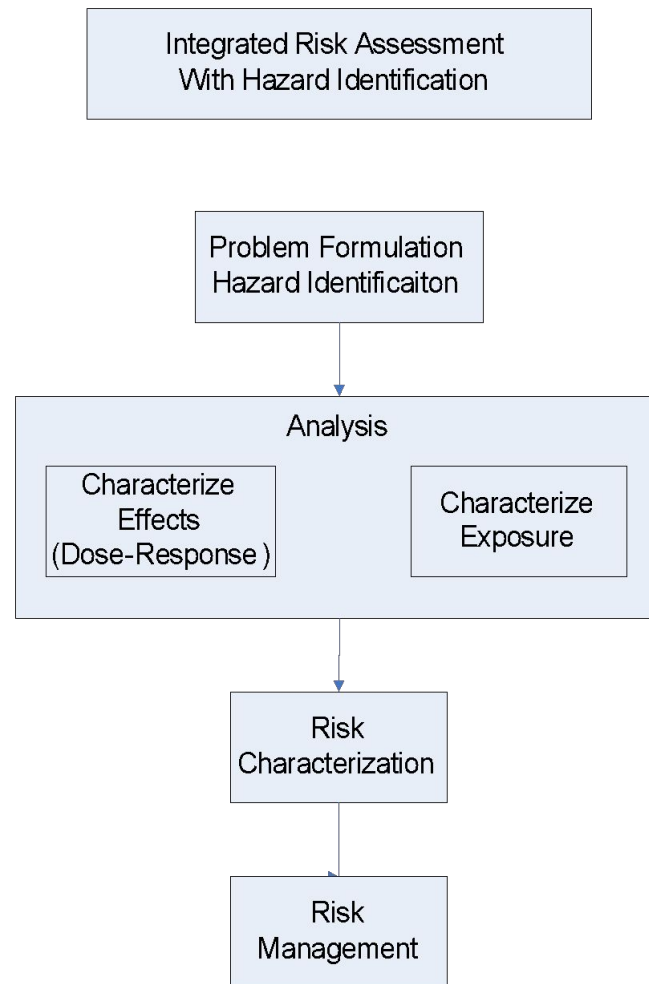
Evaluación de riesgos de plaguicidas de la EPA de EE. UU.



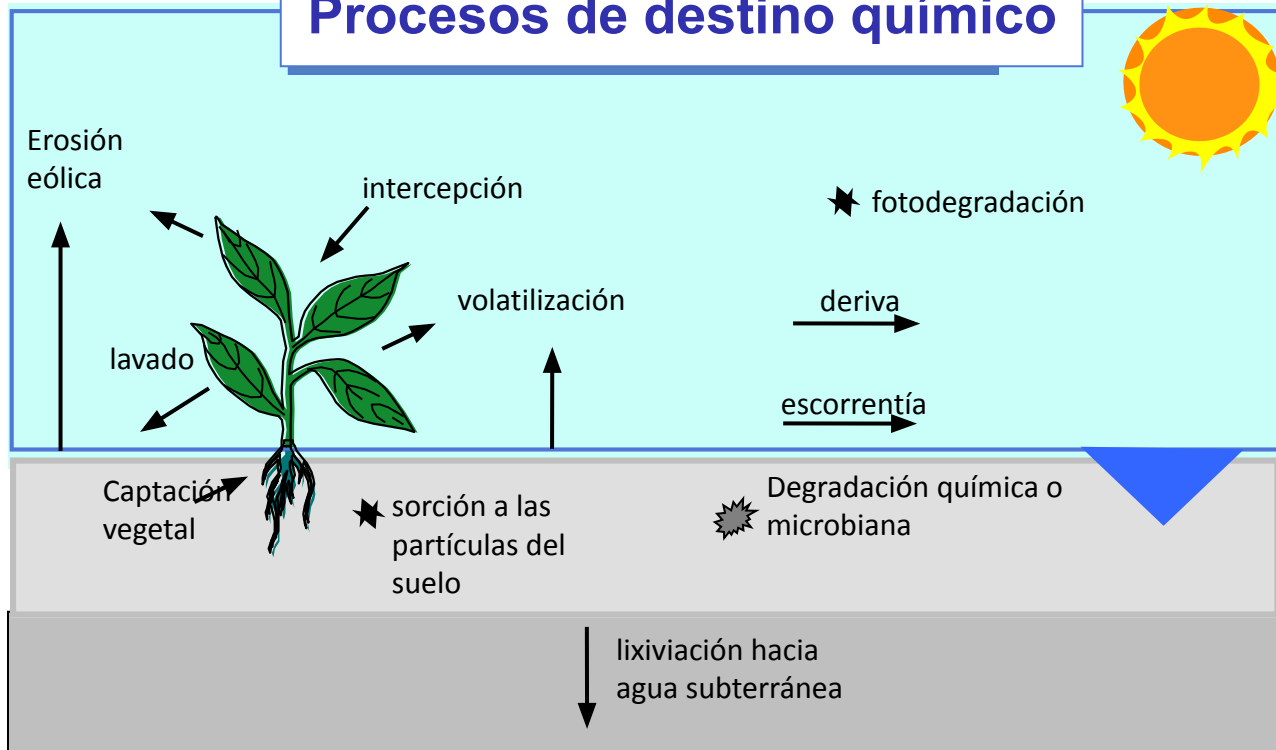
Riesgo = f (exposición, toxicidad)

Fuente: Programa de plaguicidas de la Universidad de Purdue

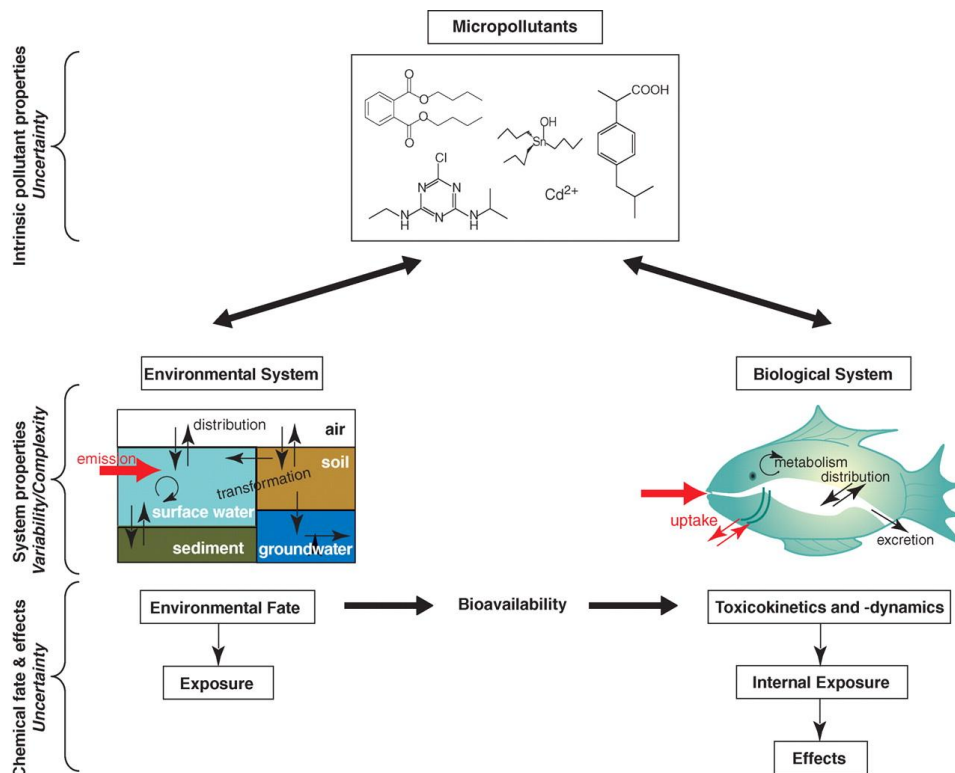
Evaluación de
riesgos
ecológicos
y para la salud
humana
de la EPA de EE.
UU.



Procesos de destino químico



Es posible realizar una evaluación coherente de la exposición y los efectos si los procesos en el sistema ambiental y en los organismos (sistema biológico) se tratan con la misma estructura y herramientas de modelado.



R. P. Schwarzenbach et al., Science 313, 1072 -1077 (2006)

Evaluación de la exposición

- La evaluación de la exposición se realiza a lo largo de un continuo:
- Desde la introducción de plaguicidas al medio ambiente;
- a dosis externa; luego dosis interna;
- a la aparición de cambios subcelulares; y
- expresión de un efecto biológico dentro del individuo expuesto.

Evaluación del riesgo ecológico de los plaguicidas

Generalmente basado en la sensibilidad de organismos estandarizados (especies sustitutas)

Fácil de cultivar

Ciclos de vida cortos

Sensible a los contaminantes



Hialella azteca



Daphnia sp.



Peccecillo de cabeza gorda



Trucha arcoíris

Especies terrestres sustitutas



Codorniz Bobwhite



Canario



Abeja melífera
Apis mellifera



Pato real



Rata noruega doméstica

Especies acuáticas de prueba de plaguicidas

- Especies de agua dulce¹
 - Trucha arcoíris - Agua fría
 - Pez luna de agallas azules, pececillo cabezón - Aguas cálidas
 - Dáfnidos (por ejemplo, *Daphnia magna*)
 - Anfípodos ² (p. ej., *Hyalella Azteca*)
 - Moluscos (bivalvos, caracoles)
- Especies de agua salada¹
 - Pez cabeza de oveja
 - Camarón mísido
 - Ostras Mejillones
 - Anfípodos ² (bentónicos - viven en sedimentos)

¹ sustituto de vertebrados

² Bentónico: vive en sedimentos

Especies terrestres de prueba de plaguicidas

- Aves¹
 - Codorniz Bobwhite
 - Pato real
 - Canario
- Mamíferos: Rata noruega
- Invertebrados y microorganismos
 - Abejas melíferas
 - Lombrices de tierra
 - Microorganismos del suelo (toxicidad comunitaria).

¹ Sustituto de anfibios y reptiles terrestres

Especies sustitutas

- Responden bien al manejo en condiciones de laboratorio minimizando el sufrimiento y manteniendo la salud para una observación precisa de los efectos tóxicos.
- Pruebas de toxicidad en especies sustitutas utilizadas para estimar los efectos adversos (supervivencia, crecimiento y reproducción) en todas las especies en cuestión.
- Dosis escalada de las especies de prueba a los receptores de interés: dosis única escalada (estudios agudos) o dosis diaria aplicada (estudios crónicos) en proporción al peso corporal (mg/kg).

Caracterización del riesgo ecológico

- Evaluación de la exposición: seguimiento, modelado del destino ambiental
- Punto final de toxicidad más sensible para especies sustitutas, extrapolado a todas las especies en cuestión (receptores)
- Determinar los riesgos ecológicos para diferentes escenarios de uso de plaguicidas
- Se utilizan modelos para extrapolar datos medidos y modelados del destino de los plaguicidas para estimar la exposición al receptor (dietético y de contacto) para todas las vías plausibles.

Integración de la exposición y los efectos: método del cociente de riesgo (RQ)

- Las concentraciones ambientales estimadas (EEC) basadas en las tasas máximas de aplicación se dividen por valores de toxicidad aguda y crónica.

$$RQ = EEC / LC_{50} \text{ o } EC_{50}$$

$$RQ = EEC / LD_{50} \text{ o } ED_{50}$$

CEE – Concentración ambiental esperada

Evaluación de riesgos acuáticos

LC_{50} – Concentración letal media

CE_{50} – Concentración efectiva media para efectos subletales

Evaluación de riesgos terrestres

LD_{50} – Dosis letal media (mg/kg de peso corporal)

ED_{50} – Dosis efectiva media para efectos subletales

Niveles de interés para riesgo ecológico acuático

CEE – Concentración ambiental esperada

LC₅₀ – Concentración letal media

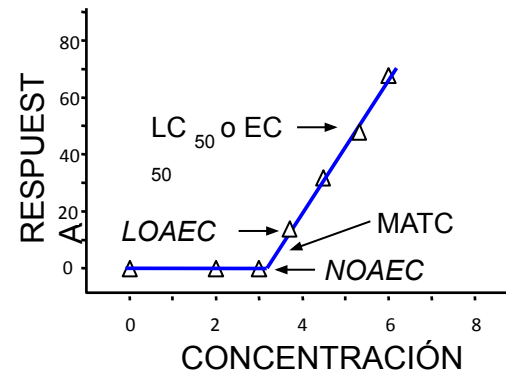
CE₅₀ – Concentración efectiva media para efectos adversos subletales

NOAEC - Concentración sin efectos adversos observables

LOAEC – Concentración mínima de efecto adverso observable

MATC – Concentración máxima aceptable de tóxico: el umbral de efectos significativos en la supervivencia, el crecimiento o la reproducción; generalmente se basa en la exposición crónica (ciclo de vida parcial o completo) y el criterio de valoración más sensible donde se observan efectos tóxicos.

El MATC suele estimarse a partir de la media geométrica de la NOAEC y la LOAEC. Se utiliza para evaluar el riesgo de exposición crónica.



Niveles de interés para riesgo ecológico terrestre

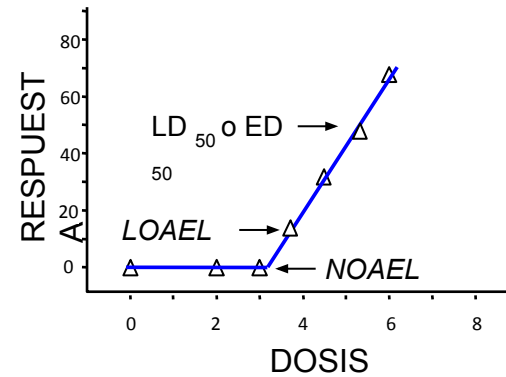
CEE – Concentración ambiental esperada

LD₅₀ – Dosis letal media (mg/kg de peso corporal)

ED₅₀ – Dosis efectiva media para efectos adversos subletales

NOAEL - Nivel sin efecto adverso observable

LOAEL – Nivel más bajo de efecto adverso observable



Métodos de evaluación de riesgos y LOC¹

- Los métodos de evaluación de riesgos utilizados para evaluar el riesgo potencial se basan en el RQ, que se compara con los LOC para las siguientes categorías de presunción de riesgo:
- (1) **Alto riesgo agudo**: el potencial de riesgo agudo es alto y puede justificarse la adopción de medidas regulatorias además de la clasificación de uso restringido;
- (2) **Uso restringido agudo**: el potencial de riesgo agudo es alto, pero esto puede mitigarse mediante una clasificación de uso restringido;
- (3) **Especies listadas con riesgo agudo**: el potencial de riesgo agudo para las especies incluidas en la lista es alto y puede justificarse la adopción de medidas regulatorias, y
- (4) **Riesgo crónico**: el potencial de riesgo crónico es alto y podría justificarse la adopción de medidas regulatorias.

¹ Niveles de interés

Valores de la prueba de ecotoxicidad

- Los valores de las pruebas de ecotoxicidad (es decir, los criterios de valoración para la medición) utilizados en los cocientes de riesgo agudo y crónico se derivan de los resultados de los estudios de laboratorio a corto plazo requeridos.
 - LC_{50} - peces y aves,
 - LD_{50} - aves y mamíferos,
 - CE_{50} - plantas acuáticas e invertebrados acuáticos,
 - CE_{25} - plantas terrestres.

Valores de la prueba de ecotoxicidad

- Ejemplos de niveles de efectos de pruebas de toxicidad derivados de los resultados de estudios de laboratorio agudos (dosis única) y crónicos (a largo plazo) que evalúan los efectos crónicos:
 - LOAEC - peces e invertebrados acuáticos,
 - NOAEC - peces e invertebrados acuáticos,
 - MATC - peces e invertebrados acuáticos.
 - LOAEL - Aves, mamíferos, invertebrados terrestres
 - NOAEL - Aves, mamíferos, invertebrados terrestres

Presunciones de riesgo de la EPA para aves y mamíferos silvestres

Presunción de riesgo	Cociente de riesgo	Nivel de interés
Escenario agudo de alto riesgo	$EEC^1 / LC50 \text{ o } LD50 / pie^2 \text{ o } LD50 / \text{día}$ ³	0.5
Uso agudo restringido	$EEC / LC50 \text{ o } LD50 / pie^2 \text{ o } LD50 / \text{día}$ (o $LD50 < 50 \text{ mg/kg}$)	0.1
Especies agudas listadas	$EEC / LC50 \text{ o } LD50 / pie^2 \text{ o } LD50 / \text{día}$	0.05
Riesgo crónico	$EEC / NOAEC \text{ o } NOAEL$	1

¹ Abreviatura de Concentración Ambiental Estimada (ppm) en alimentos de aves y mamíferos

² mg/ pie² dividido por LD50 multiplicado por el peso del ave

³ mg de tóxico consumido por día dividido por LD50 multiplicado por el peso del ave

Medidas regulatorias para mitigar los riesgos para las aves y los mamíferos silvestres

- RQ agudo $> 0,5$: puede justificar una acción regulatoria además de la clasificación de uso restringido
- RQ agudo $> 0,1$ - mitigado mediante clasificación de uso restringido
- **RQ Agudo en Especies listadas $> 0,05$** - Las especies en peligro o amenazadas pueden verse potencialmente afectadas¹
- RQ crónico > 1 : puede justificar una acción regulatoria, las especies incluidas en la lista pueden verse potencialmente afectadas por exposición crónica

¹ Determinación requerida según la Ley de Especies en Peligro de Extinción

