



# MODELOS DE ESTIMACIÓN DE RIESGO E IMPACTO AMBIENTAL DE PLAGUICIDAS DE USO AGRÍCOLA

**Alfredo Bruno**

Ing. Agr., M Sc. C. Ambientales

**Taller: Perspectivas de la investigación nacional hacia una gestión ambientalmente adecuada de plaguicidas**

*Montevideo, 1° de setiembre de 2016*

# RIESGO E IMPACTO AMBIENTAL



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

## Riesgo ambiental

Potencial peligro para el ambiente y el componente ecológico de ecosistema agrícola. Está determinado por las características físico-químicas de los principios activos.

## Impacto ambiental

Efecto de los plaguicidas en el ambiente, determinado por las características físico-químicas de los principios activos y las condiciones de aplicación: área tratada, número de aplicaciones, dosis.

Estos dos conceptos pueden solaparse y hay modelos que contemplan ambos conceptos a la vez.

# TIPOS DE MODELOS

---

## Enfoque retrospectivo

Monitoreos: alto costo, gran número de análisis, amplios márgenes de error, efectos de tiempo y escala incontrolados.

## Enfoque predictivo

Prever el comportamiento de los plaguicidas a partir de sus características fisico-químicas y del comportamiento en laboratorio de productos parecidos.

## Modelos evaluativos

Son modelos de simulación bastante precisos y que una vez validados, pueden ser usados para predecir un amplio rango de nuevas situaciones. El ejemplo más claro es el SoilFug, que veremos en detalle más adelante.

# UTILIDAD DE LOS MODELOS

---

- Predecir el comportamiento de los plaguicidas en el ambiente
- Estimar qué cantidades de plaguicidas o de sus metabolitos van a cada compartimiento ambiental después de la aplicación.
- Orienta y complementa al monitoreo, sugiriendo qué residuos buscar, dónde y cuándo buscarlos.
- Las sustancias entran al ambiente y se mueven desde su punto de entrada hasta su destino final, que es el medio por el cual tienen mayor afinidad.

# LOS MODELOS DE FUGACIDAD

## Fugacidad

“Tendencia, para una sustancia química, de escapar de un compartimiento ambiental a otro” (Mackay, 1979)

Hay un sistema de modelos de fugacidad que representa diferentes niveles de complejidad y se usan para diferentes finalidades.

En esta presentación sólo veremos el Modelo Nivel 1 y el SoilFug.

También veremos el modelo de evaluación de riesgo de Finizio y el modelo de Kovach, que combina el riesgo ambiental con las condiciones de aplicación para determinar el impacto ambiental.

# MODELO NIVEL 1

---

- Útil para caracterizar el comportamiento de plaguicidas nuevos o en uso
- Da una idea de a qué medios el producto tiende a dirigirse y una indicación de las concentraciones relativas en cada medio
- Es un apoyo al monitoreo, indicando en que compartimiento ambiental es más probable encontrar residuos

*Mackay, Donald (1991). "Multimedia Environmental Models: The fugacity Approach". Lewis Publ, CRC Press, Boca Ratón, FL.*

## Propiedades químicas

- Nombre del químico
- Masa molecular
- Solubilidad en agua, presión de vapor, punto de fusión
- Coeficiente de partición

Constante de Henry,  $\log K_{ow}$ , (estima lipoafinidad),  $\log K_{oc}$   
(estima afinidad por materia orgánica del suelo)

# RESULTADOS (EJEMPLO en %)



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

Compart. Amb.	Azinf. Metil	Clorpirifos	Paration	Folpet
Aire	0,01	0,00	0,10	6,23
Agua	89,49	2,29	39,64	46,74
Suelo	5,21	49,64	30,43	23,71
Sedimento	4,87	46,33	28,40	22,13
Sólidos susp.	0,01	0,08	0,05	0,04
Biomasa acuát.	0,00	0,01	0,01	0,01
Biomasa vegetal	0,41	1,65	1,37	1,14

Mancozeb: Agua 71,3 -- Suelo y Sedimentos 28,7

Estrategias: - Índice de Riesgo Ambiental (Finizio)

- Cociente de Impacto Ambiental (Kovach)

Ambas se basan en la relación “toxicidad-exposición” (Toxicity Exposure Ratio) (TER). Esta es una relación entre el umbral toxicológico y una concentración ambiental esperada.

El Índice de Riesgo Ambiental se puede usar en forma simplificada con:

- Características de las sustancias:  $\log K_{ow}$  , vida media en días, toxicidad acuática
- Tasa de aplicación: área tratada, número de aplicaciones, dosis

*Rating Systemas for Pesticide Risk Classification in Different Ecosystems. Finizio A., Calliera M. y Vighi M. 2000.*

# CONCLUSIONES GENERALES DEL ÍNDICE DE RIESGO



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

- Los insecticidas son más riesgosos que fungicidas y herbicidas porque en los ecosistemas se da mayor importancia a animales en relación a microorganismos y plantas.
- Los químicos más persistentes tienen un mayor riesgo aún en caso de que tengan bajos efectos sobre organismos no meta.
- Los organofosforados tiene un comportamiento ambientes muy diferente, por ejemplo gran variabilidad en solubilidad den agua. Por lo tanto, la variabilidad en riesgo ambiental es muy grande.

# RESULTADOS (EJEMPLO)



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

Nombre Comercial	Principio Activo	Log K <sub>ow</sub>	Persistencia	Toxic. acuát.	Área tratada	Nº aplicac.	Dosis	Índice de Riesgo Ambiental
Mancozeb	Mancozeb (F)	2	2	2	3	3	3	2,5
Captan	Captan (F)	2	1	2	1	3	3	2,0
Folpet	Folpet (F)	2	1	2	3	2	3	2,0
Stroby	Kresoxim-metil (F)	3	3	3	3	1	1	2,3
Anvil	Hexaconazole (F)	3	3	2	2	1	1	2,0
Curzate	Cimoxanil (F)	1	3	1	2	1	3	1,8
Gusation	Azinfos metil (I)	2	3	3	3	2	3	2,7
Lorsban	Clorpirifos (I)	3	3	3	1	1	3	2,3
Microcap	Paration etílico (I)	3	2	3	2	1	3	2,3
Karate	Lambda-cialotrina (I)	3	3	3	2	1	1	2,17
Round Up	Glifosato (H)	1	2	1	3	1	3	1,8
MCPA	MCPA (H)	3	3	1	2	1	2	2,0

# COCIENTE DE IMPACTO AMBIENTAL (EIQ)



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

## Método de Kovach

A. Valor de tabla

B. Condiciones de aplicación: área tratada, número de aplicaciones, dosis de principio activo

EIQ tiene valor en sí mismo como Índice de Riesgo de cada sustancia, contemplando riesgo para productores, aplicadores, riesgo ecológico (insectos benéficos, organismos terrestres, abejas, aves, peces)

### Tabla de valores de EIQ:

[http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ\\_values\\_2012insect.pdf](http://www.nysipm.cornell.edu/publications/eiq/files/EIQ_values_2012insect.pdf)

***A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. Authors: J. Kovach, C. Petzoldt, J. Degni, and J. Tette, IPM Program, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station Geneva, New York 14456***

# TOXICIDAD VS. ECOTOXICIDAD



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

Plaguicida	Toxicidad	EIQ comp. ecológico
Paration	I	138
Azinfos metil	I	135
Clorpirifos	II - III - IV	73
Endosulfan	II	83
Fipronil	II – III - IV	194
Lambda cialotrina	III - IV	108
Cipermetrina	II - III	89
Mancozeb	III - IV	49
Folpet	IV	77
Glifosato	III	35
Atrazina	III	54

# RESULTADOS (EJEMPLO)



Nombre Comercial	Principio Activo	EIQ (A)	Área tratada	Nº aplicac.	Dosis	Media de aplicaciones (B)	Índice de Impacto Ambiental (A + B / 2)
Mancozeb	Mancozeb (F)	2	3	3	3	3,0	2,5
Captan	Captan (F)	2	1	3	3	2,3	1,65
Folpet	Folpet (F)	2	3	2	2	2,3	2,17
Stroby	Kresoxim-metil (F)	3	3	1	1	1,7	1,35
Anvil	Hexaconazole (F)	3	2	1	1	1,3	1,15
Curzate	Cimoxanil (F)	1	2	1	3	2,0	1,5
Gusation	Azinfos metil (I)	2	3	2	3	2,7	2,35
Lorsban	Clorpirifos (I)	3	1	1	3	1,7	2,35
Microcap	Paration etílico (I)	3	2	1	3	2,0	2,5
Karate	Lambda-cialotrina (I)	3	2	1	1	1,3	1,15
Round Up	Glifosato (H)	1	3	1	3	2,3	2,15
MCPA	MCPA (H)	3	2	1	2	1,7	1,85

# SOILFUG



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

Intenta predecir la concentración de plaguicidas en corrientes de agua y en el suelo después de “*eventos de lluvia*”, y facilita la comparación de plaguicidas con distintas propiedades.

Calcula la partición del químico aplicado y la cantidad del mismo que se pierde por medio de volatilización, reacción y escorrentía a diferentes tiempos definidos por los eventos de lluvia.

Dos *sets* de cálculos:

- Antes de la lluvia, en que se calcula degradación y volatilización del químico
- Durante el evento, en que se calcula degradación, volatilización, escurrimiento y redistribución entre las fases.

**En consecuencia este modelo es muy útil para estimar el destino ambiental de cada plaguicida utilizado en determinada área y las concentraciones esperadas en cada compartimiento**

***A Fugacity Model of Chemical Runoff in Agricultural Basins. Di Guardo et al., 1994; Di Guardo et al., 1994; Barra et al., 1995.***

# INSUMOS

## Plaguicidas:

- Propiedades fisicoquímicas: peso molecular, solubilidad en agua, presión de vapor,  $\log K_{ow}$  ,  $\log K_{oc}$  , persistencia (vida media en días)
- Ecotoxicología

## Condiciones de aplicación:

- Área tratada, número de aplicaciones, dosis

## Suelos:

- Profundidad, constante mineral/agua (valor ficto 1), contenido C orgánico (C org.= M org-/1,724)

## Temperatura: Temp. media durante el ciclo agrícola

## Balance hídrico:

- Ingreso de agua al sistema (eventos de lluvia).
- Salida de agua del sistema (escenarios fictos, no hay registros de caudales).

# BIBLIOGRAFÍA



**MVOTMA**  
Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

**DINAMA**  
Dirección Nacional  
de Medio Ambiente

## Trabajos nacionales:

- [www.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Uruguay/TesisAB.pdf](http://www.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Uruguay/TesisAB.pdf)
- <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2172>
- <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2173>
- <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=1650>
- <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=1656>
- <http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/uruguay/Documentos%20de%20la%20Oficina/CoyunturaAgropecuaria/coy-enero2008.pdf>

## Propiedades físicoquímicas:

- [www.epa.gov.opprd001/factsheets](http://www.epa.gov.opprd001/factsheets)
- [www.pesticideinfo.org](http://www.pesticideinfo.org)
- [esc.syrres.com/interkow/webprop.exe?CAS=...](http://esc.syrres.com/interkow/webprop.exe?CAS=...)