

## Acerca de

RIPEST (Riesgo de Pesticidas) es un enfoque basado en el rasgo que vincula la toxicidad de distintos pesticidas (**herbicidas, insecticidas o fungicidas**) con su dosis empleada para estimar un valor de riesgo ambiental.

## Marco teórico

El enfoque de análisis utiliza un atributo de los pesticidas utilizados en un cultivo agrícola: su **toxicidad**. Este efecto es medido en **Unidades de toxicidad (UT)**.

El valor de UT indica la toxicidad de cada sustancia detectada analíticamente mediante el cálculo de su toxicidad para **dos grupos de organismos: insectos y mamíferos**. Esta estandarización es ventajosa en el caso de que deban compararse 1) una mezcla de pesticidas o 2) lotes de muestreo con diferentes mezclas de pesticidas.

Para comparar la toxicidad de los pesticidas presentes en diferentes lotes agrícolas, las unidades de toxicidad (UT) pueden calcularse a partir de las dosis individuales utilizadas [1,2]. El valor de UT para cada compuesto se basa en la **LD 50 aguda (48 h)** para insectos y mamíferos:

$$UT m_i = D_i / LD50_{i \text{ rat}}$$

$$UT i_i = D_i / LD50_{i \text{ bee}}$$

Donde,  $UT m_i$  y  $UT i_i$  son las unidades tóxicas para mamíferos e insectos,  $D_i$  es la dosis aplicada (gr. de producto formulado/ha) del pesticida  $i$ ,  $LD50_{i \text{ rat}}$  es la dosis letal aguda oral 50 para ratas (mg/k) del pesticida  $i$ , y  $LD50_{i \text{ bee}}$  es la dosis letal aguda de contacto para abejas ( $\mu\text{g}$ /abeja) del pesticida.

## Cálculos

Una vez estimados los valores de  $UT m_i$  y  $UT i_i$  para cada pesticida  $i$  **usado en un lote agrícola (durante un año o campaña)** los valores de toxicidad de todos los pesticidas aplicados en cada lote agrícola son integrados para calcular el valor total de la toxicidad:

$$Tm_{n,i} = \sum UT m_{i,j}$$

$$Tins_{n,i} = \sum UT i_{i,j}$$

Donde,  $\sum UT m_{i,j}$  y  $\sum UT i_{i,j}$  son las sumatorias de unidades tóxicas para mamíferos e insectos de los pesticidas  $i_{1..j}$ , en el lote, durante el año (o campaña)

Luego, RIPEST valoriza los valores de  $Tm_{n,i}$  y  $Tins_{n,i}$  en términos de riesgo ecotoxicológico, mediante índices: 1) **Índice Insectos (I)** y 2) **Índice Mamíferos (M)**

RIPEST valoriza el peligro ecotoxicológico sobre insectos y mamíferos usando como valor máximo de UT ( $UT_{max}$ ) aquel que equivale a la toxicidad promedio de los 10 formulados más tóxicos y registrados en el Registro Nacional de Terapéutica Vegetal de SENASA (a noviembre 2021) en alguno de los siguientes cultivos extensivos: Trigo, Cebada; Centeno, Avena, Maíz, Girasol, Soja, Algodón. Cada valor de  $UT_{max}$  se usa para construir una función que valoriza los distintos valores de UT intermedias entre  $UT = 0$  y  $UT = max$ , y permite calcular el Índice Insectos (I) y el Índice Mamíferos (M). Valores mayores a  $UT_{max}$  saturan el índice al valor de 1. A continuación, se muestran los formulados usados para el cálculo de  $UT_{max}$  y la función que calcula cada Índice.

### a) Índice Insectos (I)

Tabla 1. TOP 10 de formulados en términos de toxicidad ( $UT i$ ) para insectos. Los valores de  $UT i$  se calcularon a dosis de etiqueta máxima ( $\text{cm}^3$  ó  $\text{g}/\text{ha}$ ) La  $UT i$  promedio del TOP 10 es usada como  $UT i_{max}$  para definir  $I = 1$

Principio activo (concentración)	Dosis	$UT i$	$UT i_{max}$
ZETAMETRINA (20%)	300	30000	12084,181
SPINOSAD (48%)	180	24000	
IMIDACLOPRID (21%) + BETA CIFLUTRIN (9%)	250	23148,1	
BETA CIFLUTRIN (12,5%)	100	12500	
BIFENTRIN (18%) + ZETAMETRINA (20%)	100	11200	
DELTAMETRINA (20%)	62,5	8333,3	
CIPERMETRINA (50%)	150	3260,8	
GAMMACIALOTRINA (15%)	100	3000	
METOMIL (90%)	500	2812,5	
DINOTEFURAN (70%)	85	2586,9	

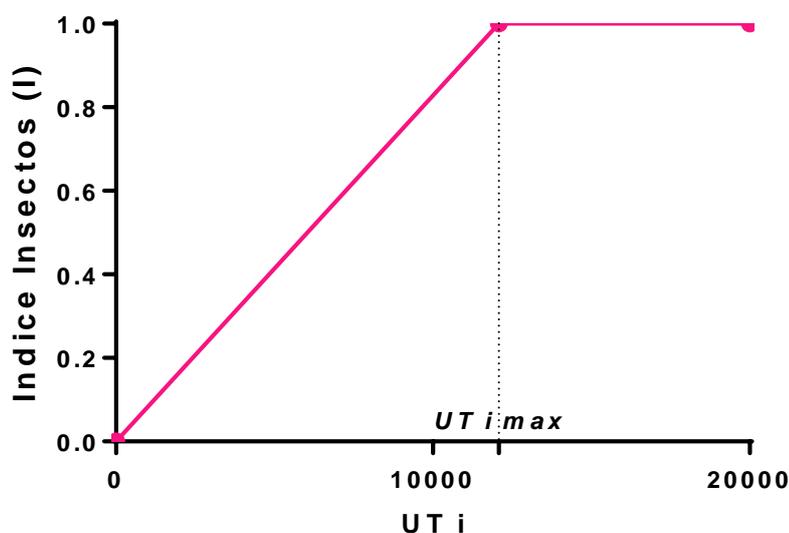


Figura 1. Función de cálculo del Índice Insectos (I) a partir del valor de  $UT i_{max} = 12084,181$

b) Índice Mamíferos

Tabla 2. TOP 10 de formulados en términos de toxicidad (UT m) para mamíferos. Los valores de UT m se calcularon a dosis de etiqueta máxima (cm<sup>3</sup> ó g/ha). La UT m promedio del TOP 10 es usada como UT m max para definir M = 1

Principio activo (concentración)	Dosis	UT m	UT m max
METOMIL (90%)	500	15	4,12887
TIODICARB (80%)	560	8,96	
PARAQUAT DICLORURO (82,8%)	1000	7,52	
LAMBDAIALOTRINA (1%) + METOMIL (20%)	600	4,10	
ALFACIPERMETRINA (20%) + ACETAMIPRID (10%)	350	1,98	
ABAMECTINA (7,5%)	144	1,08	
ZETAMETRINA (20%)	300	0,69	
IMIDACLOPRID (21%) + BETA CIFLUTRIN (9%)	250	0,69	
BIFENTRIN (25%) + ABAMECTINA (5%)	70	0,67	
BIFENTRIN (18%) + ZETAMETRINA (20%)	100	0,56	

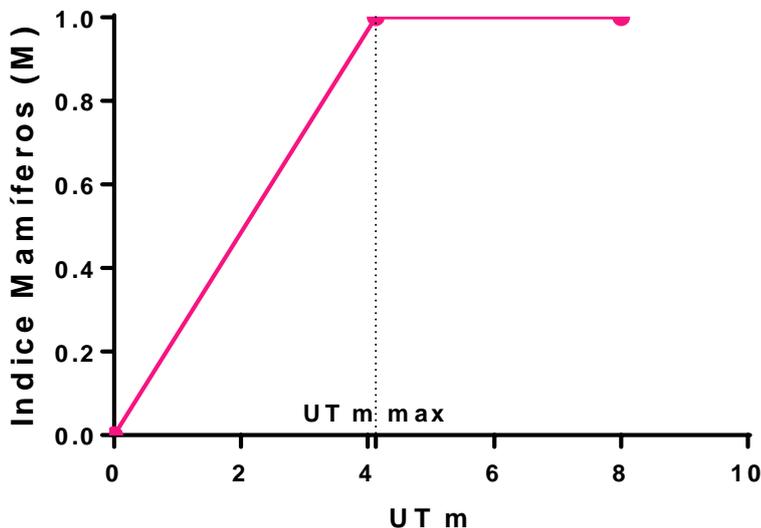


Figura 2. Función de cálculo del Índice Insectos (M) a partir del valor de UT m max = 4.12887

Finalmente, M e I son integrados mediante una regla de decisión para determinar el valor final del **Índice de Pesticidas (P)** que indica el impacto total del uso de pesticidas en cada lote agrícola, en un año (o campaña) analizado. El índice P también toma valores desde 0 (mínimo riesgo) a 1 (máximo riesgo), la regla de decisión global, para el cálculo de P es:

Sí Índice (I) = 1 y Índice (M) = 1 luego Índice (P) = 1 (k1)

Sí Índice (I) = 1 y Índice (M) = 0 luego Índice (P) = 0.9 (k2)

Sí Índice (I) = 0 y Índice (M) = 1 luego Índice (P) = 0.9 (k3)

Sí Índice (I) = 0 y Índice (M) = 0 luego Índice (P) = 0 (k4)

El valor final de (P) puede tomar cualquier valor del intervalo (0,1) y la aplicación algebraica de los criterios planteados en la regla de decisión, se realiza mediante el uso del operador MINIMO en un promedio ponderado [3]:

$$\text{Índice (P)} = \frac{k_1 \times \text{MINIMO (I, M)} + k_2 \times \text{MINIMO (I, 1-M)} + k_3 \times \text{MINIMO (1-I, M)} + k_4 \times \text{MINIMO (1-I, 1-M)}}{\text{MINIMO (I, M)} + \text{MINIMO (I, 1-M)} + \text{MINIMO (1-I, M)} + \text{MINIMO (1-I, 1-M)}}$$

**Fuentes de información**

[Registro Nacional de Terapeuteca Vegetal \(SENASA\). Acceso Marzo 2019](#)

[US EPA ECOTOX database](#)

[Pesticide Properties DataBase \(PPDB\)](#)

[IUPAC - Footprint database:](#)

U.S. EPA ECOTOX Database ([sitio web](#))

Pesticide Action Network Database ([sitio web](#))

- Ferraro DO, Ghera CM, Sznajder GA (2003) Evaluation of environmental impact indicators using fuzzy logic to assess the mixed cropping systems of the Inland Pampa, Argentina. Agr, Ecosy & Environ 96: 1-18.
- Newman M (1998) Acute and chronic lethal effects to individuals. In: Newman MC, editor. Fundamentals of Ecotoxicology. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- Takagi T, Sugeno M (1985) Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 15: 116.