

Valoración usada en PRORIPEST

1) Peligro ecotoxicológico

PRORIPEST valoriza el peligro ecotoxicológico sobre insectos, mamíferos y peces 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 Indicador de peligro sobre los Insectos (I), el Indicador de peligro sobre los Mamíferos (M) y el Indicador de peligro sobre los Peces (F). Valores mayores a UT max saturan los indicadores al valor de 1. A continuación, se muestran los formulados usados para el cálculo de UT max y la función que calcula cada Indicador.

a) Indicador de peligro sobre los Insectos (I)

Tabla 1. TOP 10 de formulados en términos de toxicidad (UT i) para insectos. Los valores de UTi se calcularon a dosis de etiqueta máxima (cm³ ó g/ha). La UT i promedio del TOP 10 es usada como UTi 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	

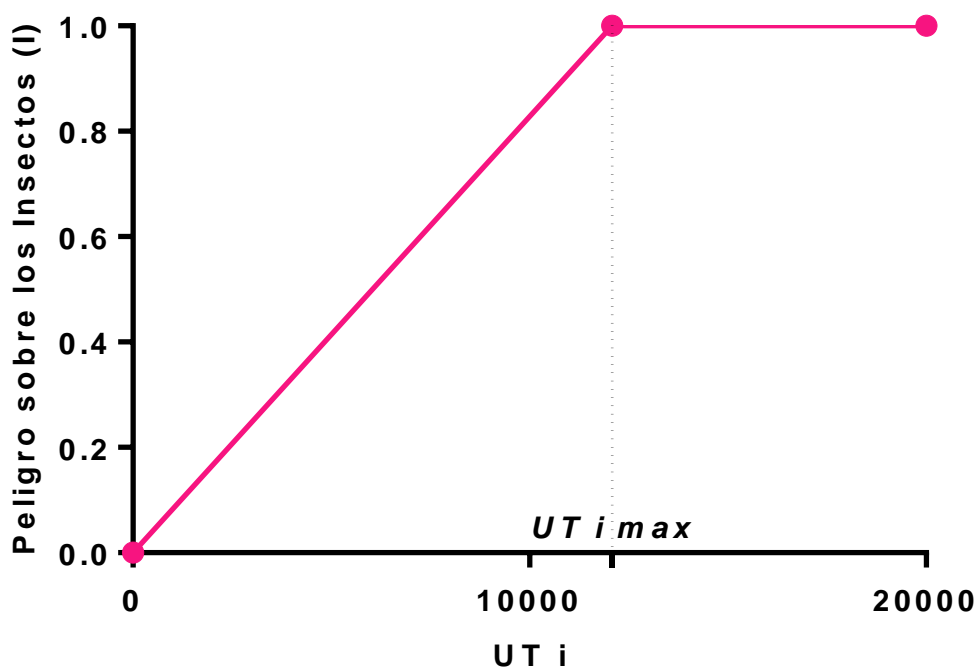


Figura 1. Función de cálculo del Indicador de peligro sobre los Insectos (I) a partir del valor de UT i max = 12084.181

b) Indicador de peligro sobre los 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 (cm³ 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	
LAMBDAALOTRINA (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	

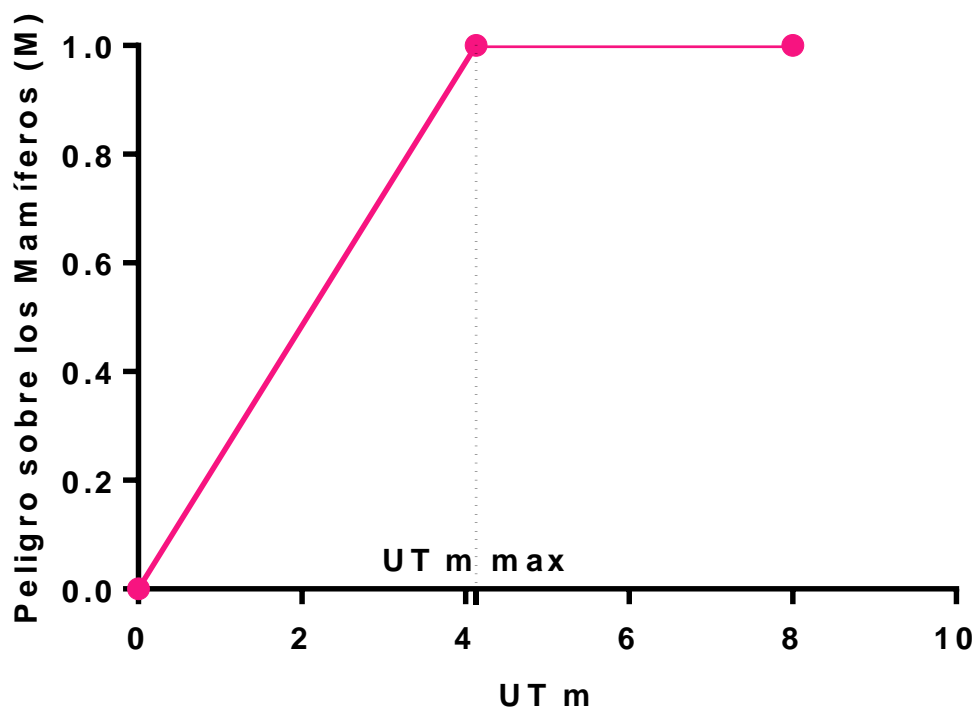


Figura 2. Función de cálculo del Indicador de peligro sobre los Mamíferos (M) a partir del valor de UT m max = 4.12887

c) Indicador de peligro sobre los Peces (F)

Tabla 3. TOP 10 de formulados en términos de toxicidad (UT f) para peces. Los valores de UT f se calcularon a dosis de etiqueta máxima (cm³ ó g/ha). La UT f promedio del TOP 10 es usada como UT f max para definir F = 1

Principio activo (concentración)	Dosis	UT f	UT f max
GAMMACIALOTRINA (15%)	100	428571	171814,5
IMIDACLOPRID (21%) + BETA CIFLUTRIN (9%)	250	330882	
ESFENVALERATO (15%)	125	187500	
BETA CIFLUTRIN (12,5%)	100	183823	
IMIDACLOPRID (35%) + LAMBDAALOTRINA (10%)	250	119048	
LAMBDAALOTRINA (25%)	100	119047	
IMIDACLOPRID (20%) + LAMBDAALOTRINA (7,5%) + BIFENTRIN (5%) + ABAMECTINA (1%)	200	109893	
BIFENTRIN (40%)	55	84615	
DELTAMETRINA (20%)	62,5	83333	
LAMBDAALOTRINA (10%) + LUFENURON (10%)	150	71429	

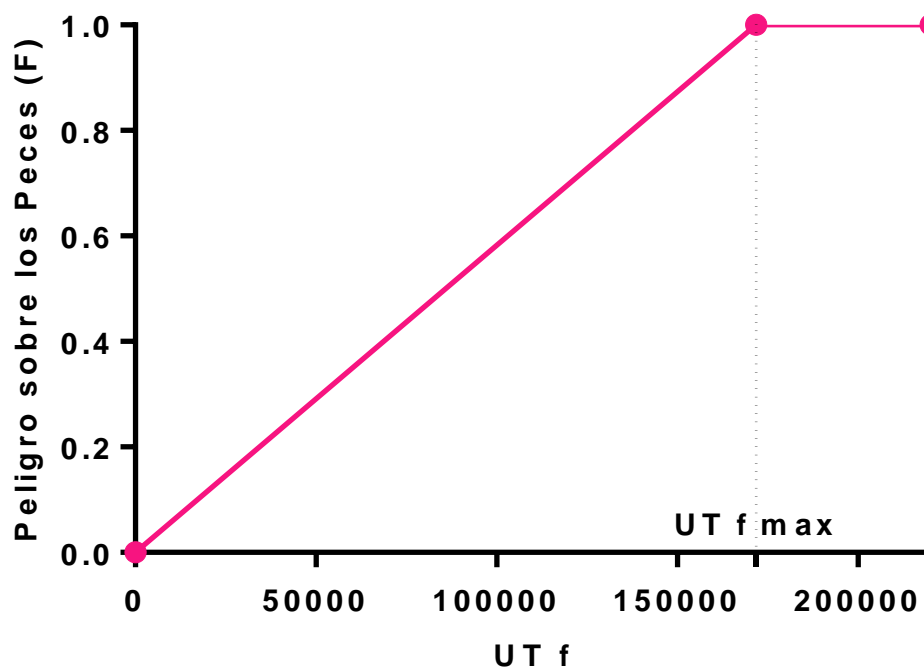


Figura 3. Función de cálculo del Indicador de peligro sobre los Peces (F) a partir del valor de UT f max = 171814,5

Finalmente, I, M y F 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 forma de cálculo de los riesgos es la aplicación de una regla de decisión. Las reglas de decisión para calcular el Índice P se ven en la siguiente Tabla:

Tabla 4. Reglas de decisión que integran los valores extremos de I, M y F para calcular el Índice P.

I	M	F	P
1	1	1	1,00
1	0	1	0,90
1	1	0	0,90
1	0	0	0,50
0	1	1	0,90
0	0	1	0,50
0	1	0	0,50
0	0	0	0,00

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, según la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\sum_{k=1}^n \min [\mu(x_j)]_k \cdot C_k}{\sum_{k=1}^n \min [\mu(x_j)]_k}$$

donde P es el índice P, $\mu(x_j)$ es el valor de las funciones de las figuras 1 a 3 (j = I, M y F) y C_k es la conclusión de la regla k.

La forma final de la ecuación, con los valores de la Tabla 4 es la siguiente:

$$P = [\min(I,M,F) \times 1 + \min(I,1-M,F) \times 0,9 + \min(I,M,1-F) \times 0,9 + \min(I,1-M,1-F) \times 0,5 + \min(1-I,M,F) \times 0,9 + \min(1-I,1-M,F) \times 0,5 + \min(1-I,M,1-F) \times 0,5 + \min(1-I,1-M,1-F) \times 0,0] / [\min(I,M,F) + \min(I,1-M,F) + \min(I,M,1-F) + \min(I,1-M,1-F) + \min(1-I,M,F) + \min(1-I,1-M,F) + \min(1-I,M,1-F) + \min(1-I,1-M,1-F)]$$

2) Riesgos sobre aire, agua subterránea, agua superficial y suelo.

Los valores de los Índices I, M y F (Peligro ecotoxicológico) son finalmente integrados con los valores de Exposición para obtener los valores de Riesgo (aire, suelo, agua superficial, agua subterránea). De la misma manera que con el Índice P, los valores finales se obtienen a partir de reglas de decisión, según la siguiente ecuación:

$$Riesgo_i = \frac{\sum_{k=1}^n \min [\mu(x_j)]_k \cdot C_k}{\sum_{k=1}^n \min [\mu(x_j)]_k}$$

donde Riesgo (i = aire, suelo, agua superficial, agua subterránea), $\mu(x_j)$ es la función de pertenencia para la variable de entrada x_j (j = 1,2,3,4), C_k es la conclusión de la regla k.

A continuación, se detallan las reglas para calcular cada Riesgo y la conformación final de la ecuación.

a) Riesgo en Aire

Tabla 5. Reglas de decisión que integran los valores extremos de I, M, F y Exposición en aire para calcular el Riesgo Aire.

I	M	F	Exposición en aire (EA)	Riesgo en aire
1	1	1	1	1,00
1	0	1	1	0,80
1	1	0	1	1,00
1	1	1	0	0,50
1	0	0	1	0,80
1	0	1	0	0,30
1	1	0	0	0,50
1	0	0	0	0,30
0	1	1	1	0,80
0	0	1	1	0,35
0	1	0	1	0,80
0	1	1	0	0,30
0	0	0	1	0,35
0	0	1	0	0,00
0	1	0	0	0,30
0	0	0	0	0,00

Riesgo en aire = [min(I,M,F,EA) x 1 + min(I, 1-M, F,EA) x 0,8 + min(I,M,1-F,EA) x 1 + min(I,M,F,1-EA) x 0,5 + min(I,1-M,1-F,EA) x 0,8 + min(I, 1-M,F,1-EA) x 0,3 + min(I,M,1-F,1-EA) x 0,5 + min(I,1-M,1-F,1-EA) x 0,3 + min(1-I,M,F,EA) x 0,8 + min(1-I, 1-M, F,EA) x 0,35 + min(1-I,M,1-F,EA) x 0,8 + min(1-I,M,F,1-EA) x 0,3 + min(1-I,1-M,1-F,EA) x 0,35 + min(1-I, 1-M,F,1-EA) x 0 + min(1-I,M,1-F,1-EA) x 0,3 + min(1-I,1-M,1-F,1-EA) x 0] / [min(I,M,F,EA) + min(I, 1-M, F,EA) + min(I,M,1-F,EA) + min(I,M,F,1-EA) + min(I,1-M,1-F,EA) + min(I, 1-M,F,1-EA) + min(I,M,1-F,1-EA) + min(I,1-M,1-F,1-EA) + min(1-I,M,F,EA) + min(1-I, 1-M, F,EA) + min(1-I,M,1-F,EA) + min(1-I,M,F,1-EA) + min(1-I,1-M,1-F,EA) + min(1-I, 1-M,F,1-EA) + min(1-I,M,1-F,1-EA) + min(1-I,1-M,1-F,1-EA)]

b) Riesgo en Suelo

Tabla 6. Reglas de decisión que integran los valores extremos de I, M, F y Exposición en suelo para calcular el Riesgo en Suelo

I	M	F	Exposición en suelo (ES)	Riesgo en suelo
1	1	1	1	1,00
1	0	1	1	0,80
1	1	0	1	1,00
1	1	1	0	0,50
1	0	0	1	0,80
1	0	1	0	0,30
1	1	0	0	0,50
1	0	0	0	0,30
0	1	1	1	0,80
0	0	1	1	0,35
0	1	0	1	0,80
0	1	1	0	0,30
0	0	0	1	0,35
0	0	1	0	0,00
0	1	0	0	0,30
0	0	0	0	0,00

$$\text{Riesgo en suelo} = \frac{[\min(I,M,F,ES) \times 1 + \min(I, 1-M, F,ES) \times 0,8 + \min(I,M,1-F,ES) \times 1 + \min(I,M,F,1-ES) \times 0,5 + \min(I,1-M,1-F,ES) \times 0,8 + \min(I, 1-M,F,1-ES) \times 0,3 + \min(I,M,1-F,1-ES) \times 0,5 + \min(I,1-M,1-F,1-ES) \times 0,3 + \min(1-I,M,F,ES) \times 0,8 + \min(1-I, 1-M, F,ES) \times 0,35 + \min(1-I,M,1-F,ES) \times 0,8 + \min(1-I,M,F,1-ES) \times 0,3 + \min(1-I,1-M,1-F,ES) \times 0,35 + \min(1-I, 1-M,F,1-ES) \times 0 + \min(1-I,M,1-F,1-ES) \times 0,3 + \min(1-I,1-M,1-F,1-ES) \times 0]}{[\min(I,M,F,ES) + \min(I, 1-M, F,ES) + \min(I,M,1-F,ES) + \min(I,M,F,1-ES) + \min(I,1-M,1-F,ES) + \min(I, 1-M,F,1-ES) + \min(I,M,1-F,1-ES) + \min(I,1-M,1-F,1-ES) + \min(1-I,M,F,ES) + \min(1-I, 1-M, F,ES) + \min(1-I,M,1-F,ES) + \min(1-I,M,F,1-ES) + \min(1-I,1-M,1-F,ES) + \min(1-I, 1-M,F,1-ES) + \min(1-I,M,1-F,1-ES) + \min(1-I,1-M,1-F,1-ES)]}$$

c) Riesgo en Agua Superficial

Tabla 7. Reglas de decisión que integran los valores extremos de I, M, F y Exposición en agua superficial para calcular el Riesgo en Agua Superficial.

I	M	F	Exposición en agua superficial (EASUP)	Riesgo en agua superficial
1	1	1	1	1,00
1	0	1	1	0,90
1	1	0	1	0,50
1	1	1	0	0,50
1	0	0	1	0,40
1	0	1	0	0,40
1	1	0	0	0,30
1	0	0	0	0,10
0	1	1	1	0,90
0	0	1	1	0,80
0	1	0	1	0,40
0	1	1	0	0,40
0	0	0	1	0,35
0	0	1	0	0,20
0	1	0	0	0,10
0	0	0	0	0,00

$$\begin{aligned} \text{Riesgo en agua superficial} = & [\min(I,M,F,EASUP) \times 1 + \min(I, 1-M, F,EASUP) \times 0,9 + \min(I,M,1-F,EASUP) \\ & \times 0,5 + \min(I,M,F,1-EASUP) \times 0,5 + \min(I,1-M,1-F,EASUP) \times 0,4 + \min(I, 1-M,F,1-EASUP) \times 0,4 + \\ & \min(I,M,1-F,1-EASUP) \times 0,3 + \min(I,1-M,1-F,1-EASUP) \times 0,1 + \min(1-I,M,F,EASUP) \times 0,9 + \min(1-I, 1-M, \\ & F,EASUP) \times 0,8 + \min(1-I,M,1-F,EASUP) \times 0,4 + \min(1-I,M,F,1-EASUP) \times 0,4 + \min(1-I,1-M,1-F,EASUP) \times \\ & 0,35 + \min(1-I, 1-M,F,1-EASUP) \times 0,2 + \min(1-I,M,1-F,1-EASUP) \times 0,1 + \min(1-I,1-M,1-F,1-EASUP) \times 0] / \\ & [\min(I,M,F,EASUP) + \min(I, 1-M, F,EASUP) + \min(I,M,1-F,EASUP) + \min(I,M,F,1-EASUP) + \min(I,1-M,1- \\ & F,EASUP) + \min(I, 1-M,F,1-EASUP) + \min(I,M,1-F,1-EASUP) + \min(I,1-M,1-F,1-EASUP) + \min(1- \\ & I,M,F,EASUP) + \min(1-I, 1-M, F,EASUP) + \min(1-I,M,1-F,EASUP) + \min(1-I,M,F,1-EASUP) + \min(1-I,1- \\ & M,1-F,EASUP) + \min(1-I, 1-M,F,1-EASUP) + \min(1-I,M,1-F,1-EASUP) + \min(1-I,1-M,1-F,1-EASUP)] \end{aligned}$$

d) Riesgo en Agua Subterránea

Tabla 8. Reglas de decisión que integran los valores extremos de I, M, F y Exposición en agua subterránea para calcular el Riesgo en Agua Subterránea.

I	M	F	Exposición en agua subterránea (EASUB)	Riesgo en agua subterránea
1	1	1	1	1,00
1	0	1	1	0,90
1	1	0	1	0,50
1	1	1	0	0,50
1	0	0	1	0,40
1	0	1	0	0,40
1	1	0	0	0,30
1	0	0	0	0,10
0	1	1	1	0,90
0	0	1	1	0,80
0	1	0	1	0,40
0	1	1	0	0,40
0	0	0	1	0,35
0	0	1	0	0,20
0	1	0	0	0,10
0	0	0	0	0,00

$$\text{Riesgo en agua subterránea} = [\min(I,M,F,EASUB) \times 1 + \min(I, 1-M, F,EASUB) \times 0,9 + \min(I,M,1-F,EASUB) \times 0,5 + \min(I,M,F,1-EASUB) \times 0,5 + \min(I,1-M,1-F,EASUB) \times 0,4 + \min(I, 1-M,F,1-EASUB) \times 0,4 + \min(I,M,1-F,1-EASUB) \times 0,3 + \min(I,1-M,1-F,1-EASUB) \times 0,1 + \min(1-I,M,F,EASUB) \times 0,9 + \min(1-I, 1-M, F,EASUB) \times 0,8 + \min(1-I,M,1-F,EASUB) \times 0,4 + \min(1-I,M,F,1-EASUB) \times 0,4 + \min(1-I,1-M,1-F,EASUB) \times 0,35 + \min(1-I, 1-M,F,1-EASUB) \times 0,2 + \min(1-I,M,1-F,1-EASUB) \times 0,1 + \min(1-I,1-M,1-F,1-EASUB) \times 0] / [\min(I,M,F,EASUB) + \min(I, 1-M, F,EASUB) + \min(I,M,1-F,EASUB) + \min(I,M,F,1-EASUB) + \min(I,1-M,1-F,EASUB) + \min(I, 1-M,F,1-EASUB) + \min(I,M,1-F,1-EASUB) + \min(I,1-M,1-F,1-EASUB) + \min(1-I,M,F,EASUB) + \min(1-I, 1-M, F,EASUB) + \min(1-I,M,1-F,EASUB) + \min(1-I,M,F,1-EASUB) + \min(1-I,1-M,1-F,EASUB) + \min(1-I, 1-M,F,1-EASUB) + \min(1-I,M,1-F,1-EASUB) + \min(1-I,1-M,1-F,1-EASUB)]$$