

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUELO ASOCIADA A PLAGUICIDAS COMO UNA MODIFICACIÓN DEL MÉTODO DEL INSTITUTO BATELLE – COLOMBUS

Autores:

Ing. Agustín Leiva Pérez, Ph.D.¹; Ing. Sonia Eliza Peñafiel Acosta, Mg.C.²; Ing. Carmen Rocío Zabala Navarrete, Mg.C.³

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trató sobre el diseño y la aplicación de un modelo matemático para la determinación (modelización) de la calidad del suelo, asociada a los plaguicidas de uso más común. El modelo consistió en una modificación extensiva del Índice de Calidad del Agua (ICAGUA) del Instituto Batelle Columbus, EUA, para ser aplicado al suelo (Índice de Calidad del Suelo Asociado a Plaguicidas, ICASUEP), atendiendo a los plaguicidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides. Se utilizó un conjunto amplio de valores de concentraciones de estos compuestos y, una vez comprobado el ajuste del modelo a las mismas, se procedió a aplicarlo empleando datos obtenidos de concentraciones en suelos agrícolas de la parte baja del cantón Caluma, provincia de Bolívar, Ecuador. Los resultados demostraron un valor medio del Índice de 42%, implicativo de un Nivel de Calidad Ambiental de 0,61; es decir, “mala”; recomendándose la ampliación del estudio a otras áreas de la microcuenca bajo estudio, y a otras en las que se sospeche del empleo indiscriminado de plaguicidas, así como la socialización de este estudio entre la población de agricultores del territorio, propiciando motivación en la utilización óptima de estos compuestos.

Palabras clave: Calidad del suelo, microcuenca, plaguicidas, nivel de calidad ambiental.

INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los tres macro recursos naturales que cuenta con un menor número de estudios en cuanto a la medición de su calidad ambiental, a diferencia del agua y la atmósfera. El presente estudio aborda la ampliación del modelo del Instituto Batelle – Columbus, diseñado y aplicado especialmente para el recurso agua, proponiéndose una ecuación o modelo, específicamente dirigido a la evaluación de la calidad ambiental del suelo, en particular en lo que se refiere a plaguicidas, organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides (Ver fórmulas químicas en el Anexo).

El cantón Caluma se ubica en la cuenca hidrográfica del río Pita, el cual nace en las inmediaciones de la cordillera de los Andes, entre los 1°35" de latitud Sur y los 79°11" de longitud Oeste. Se encuentra a 57 km al Oeste de Guaranda (capital provincial) y a 150 km al Norte noreste de Guayaquil.

La investigación se desarrolló en un área de 100 ha de la parte baja del cantón Caluma, eminentemente agrícola, donde predominan suelos de cenizas recientes, arcillosas, tienen presencia de andesita, basaltos y diabasas. Son suelos amarillos, rojos, pardo rojizo o pardo, negros, suaves, pesados y esponjosos. Según su pendiente, se utilizan para cultivar café, cacao, plátano, pastos, maíz, banano, cítricos, papa y naranjilla, principalmente empleándose variados tipos de plaguicidas como son los organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides. El término "plaguicida" es una palabra compuesta que comprende todos los productos químicos utilizados para destruir las plagas o controlarlas. En la agricultura, se utilizan herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y rodenticidas. Los efectos ecológicos de los plaguicidas en el agua están determinados por los criterios Toxicidad, Persistencia y, Productos degradados y destino ambiental (Frederich, 2010).

El suelo puede acumular ciertas cantidades de plaguicidas, debido principalmente a su uso desmedido en actividades agrícolas, que pueden movilizarse hacia los recursos agua y aire, pudiendo ser causa de daños a la salud humana, a la fauna y a la flora territoriales.

Los valores analíticos determinados, según el análisis de un amplio conjunto de datos, para los cuatro tipos de plaguicidas estudiados, órganos clorados, órgano fosforados, piretroides y carbamatos, colocados en orden de peligrosidad toxicológica y ambiental, así como los valores porcentuales para la evaluación del modelo ICASUEP, aparecen en el Anexo 3 (Leiva, 2010). La ecuación del modelo es como sigue:

$$ICASUEP = \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Los objetivos de la investigación fueron modelizar la calidad del suelo asociada a plaguicidas como una modificación del método del Instituto Batelle – Columbus; comprobando el ajuste del modelo a los datos obtenidos.

DESARROLLO

Los materiales empleados para la determinación de las concentraciones de plaguicidas en las muestras de suelo fueron los que se encuentran en el laboratorio de análisis y que están asociados con las técnicas empleadas:

- Para *organoclorados* y *piretroides*: PEE – P/01; descrito en Analytical Methods for Pesticides, Plant Growth Regulators and Food Additives, de G. Zweig. Consiste en un análisis instrumental realizado por cromatografía de gases con detector de captura de electrones (ECD).
- Para *organofosforados*: PEE – P/01; descrito en Analytical Methods for Pesticides, Plant Growth Regulators and Food Additives, de G. Zweig. Consiste en un análisis instrumental realizado por cromatografía de gases con detector fotométrico de llama pulsada (PFPD).
- Para *carbamatos*: EPA Método 531.1; consiste en cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) acoplada con detección UV/Vis, fluorescencia y espectrometría de masas.

El muestreo se realizó formando un pentágono abarcador del 85% del área seleccionada, 100 ha de la mencionada zona del cantón Caluma, obteniéndose 11 puntos de muestreo, según la distribución planteada en el Anexo Figura 1, cuyas coordenadas UTM centrales son 9819600 Norte y 691500 Este, en las

inmediaciones de la Comunidad Guayabal, preparándose las correspondientes soluciones del suelo con cada una. Se realizaron tres repeticiones para cada punto de muestreo tomando calicatas a los 15 cm de profundidad.

En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las muestras según los plaguicidas organoclorados (OC), organofosforados (OF), piretroides (PIR) y carbamatos (CAR), con los correspondientes valores medios, desviaciones estándar, coeficientes de variación, cifras del ICASUEP y los valores del Nivel de Calidad Ambiental (NCA) asociados.

Cuadro 3. Resultados obtenidos.

TIPO DE PLAGUICIDA MUESTRA	OC (mg/dm ³)	OF (mg/dm ³)	PIR (mg/dm ³)	CAR (mg/dm ³)	ICASUEP (%)	NCA
1	0,0600	0,0620	0,0237	0,0057	44,43	0,64
2	0,0671	0,0536	0,0263	0,0069	41,64	0,60
3	0,0697	0,0530	0,0280	0,0073	40,11	0,58
4	0,0640	0,0682	0,0199	0,0075	36,20	0,53
5	0,0763	0,0635	0,0141	0,0081	36,10	0,53
6	0,0614	0,0623	0,0195	0,0052	45,79	0,65
7	0,0612	0,0692	0,0211	0,0051	45,54	0,65
8	0,0748	0,0662	0,0263	0,0047	47,56	0,67
9	0,0722	0,0553	0,0275	0,0068	41,37	0,60
10	0,0666	0,0555	0,0182	0,0062	43,24	0,62
11	0,0715	0,0543	0,0207	0,0067	40,76	0,59
MEDIA	0,0624	0,0558	0,0208	0,0059	42,07	0,61
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,0058	0,0061	0,0044	0,0011	3,73	0,05
COEFIC. DE VARIACIÓN (%)	9,31069	10,99184	21,22782	18,40480	8,87	7,82

Se aprecia que el Nivel de Calidad Ambiental del suelo del área agrícola seleccionada tiene una media de 0,61 con una baja variabilidad en las mediciones de 8%. Si se tiene en cuenta el criterio de que el ambiente puede ser evaluado según la siguiente consideración:

EVALUACIÓN AMBIENTAL	NCA
$100 \geq NCA > 0,90$	Excelente
$0,90 \geq NCA > 080$	Bueno
$0,80 \geq NCA > 0,70$	Regular
$0,70 \geq NCA > 0,50$	Malo
$NCA \leq 0,50$	Muy malo

Se colige que la calidad ambiental media del suelo estudiado puede ser evaluada como de “mala”, al alcanzar el NCA un valor medio de 0,61. Este resultado se corresponde con el encontrado por Zabala (2011) en sectores de la microcuenca del río Guano, provincia de Chimborazo, empleando también, el criterio del NCA asociado al modelo ICASUEP, lo cual permite corroborar la utilidad del mismo en la evaluación de la calidad de los suelos relacionada con los cuatro tipos principales de plaguicidas, ya mencionados.

Según los resultados y sus discusiones, puede concluirse que:

- Ha quedado comprobado el ajuste del modelo de calidad ambiental del suelo (ICASUEP) con base en la metodología del Instituto Batelle – Columbus, el cual puede ser aplicado en la evaluación de este importante parámetro, con una confiabilidad satisfactoria.
- Al ser aplicado el modelo ICASUEP, a un caso de estudio dado, parte de la microcuenca del río Pita, del cantón Caluma de la provincia de Bolívar, se obtuvieron resultados denotativos de una calidad del suelo evaluada como “mala” (0,61), asociada a la presencia de plaguicidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.

Asimismo se recomienda que:

- La ampliación del estudio a otras áreas de la microcuenca bajo estudio, así como a otras microcuencas en las que se sospeche del empleo indiscriminado de plaguicidas.
- La socialización de este estudio entre la población de agricultores del territorio, propiciando que estos se motiven en la utilización óptima de plaguicidas, correspondiéndose con una elevación de sus actitudes ambientales y el consiguiente incremento de la calidad ambiental de la localidad en que habitan y desempeñan sus labores.

BIBLIOGRAFÍA

Frederich, G.W. (2010. *Pesticides in Environment*. JWPCF, Vol. II, No. 1, New York, USA.

Leiva, A. 2010. *Libro de la Asignatura “Enfoque de Sistema en la Modelización Ambiental”*. Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, UTEQ. Quevedo, Ecuador.

Leiva, A. y otros. 2011. *Modelización de la calidad del suelo asociada a plaguicidas como una modificación del método del Instituto Batelle – Columbus*. I Congreso Internacional “Economía, Medio Ambiente y Sostenibilidad de los Recursos Naturales. UTEQ. Quevedo, Ecuador.

Zabala, C. R. 2011. *Análisis de la influencia de los pesticidas en el suelo y agua de la microcuenca del río Guano, cantón Guano, de la provincia Chimborazo*. Tesis de Maestría en Administración Ambiental. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

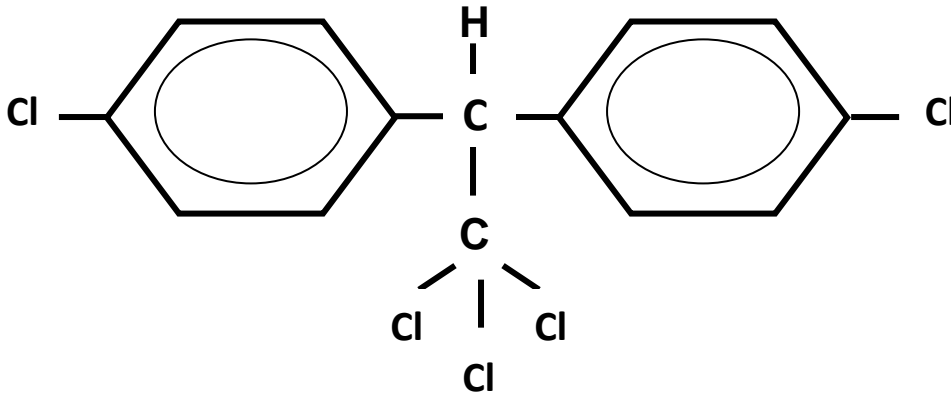
ANEXO 1

Cuadro 1. Plaguicidas y sus niveles de toxicidad.

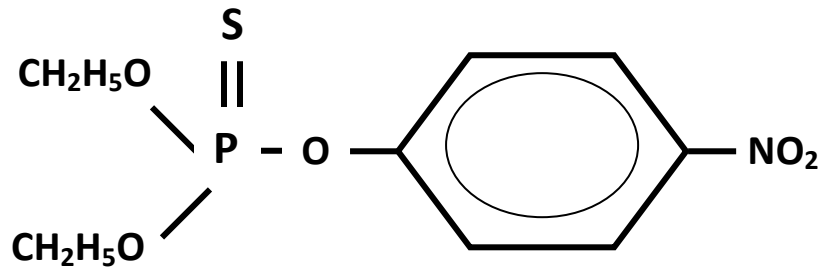
TIPO DE PLAGUICIDA	TOXICIDAD		
	MUY ALTA	MODERADA	BAJA
Organofosforado	Carbofenation	Acetato	Fenitrotión
	Clorfevinfos	Clorpirifos	Malatión
	Disulfotón	Diazinón	Temefós
	Fonofos	Diclorvos	
	Fosfamidón	Dicrotofos	
	Mecarbam	Dimetoato	
	Metamidofos	Etión	
	Ometoato	Fentión	
	Paratión	Metidatión	
	Sulfatepp	Monocrotofos	
		Merfos	
	Triclorfón		
Carbamato	Aldicarb	Bendiocarb	Carbaril
	Carbofurano	Metiocarb	
	Metomilo	Promecarb	
	Oxamilo	Proposur	
Organoclorado	Endosulfán	Dienocloro	Clorobencilato
	DDT	Hexaclorobenceno	Docofol
		Lindano	Metoxicloro
Piretroide			Aletrina
			Lambda – cihalotrín
			Cifultrín
			Cipermetrín
			Deltametrín
			Fenvalerato
			Permetrín
			Pinamín
		Piretro	

ANEXO 2

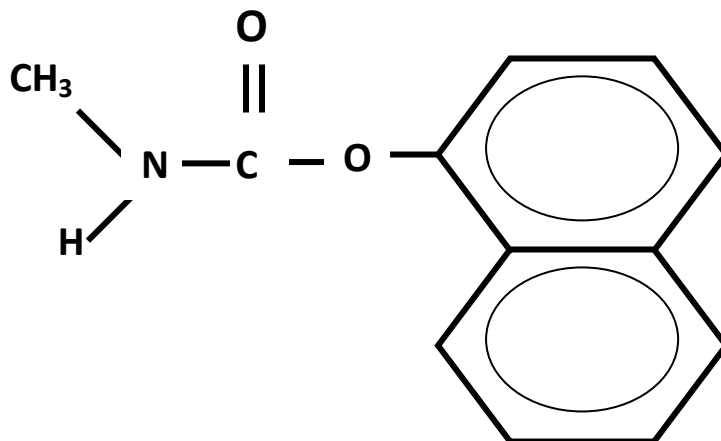
Estructura química de un plaguicida organoclorado (DDT).



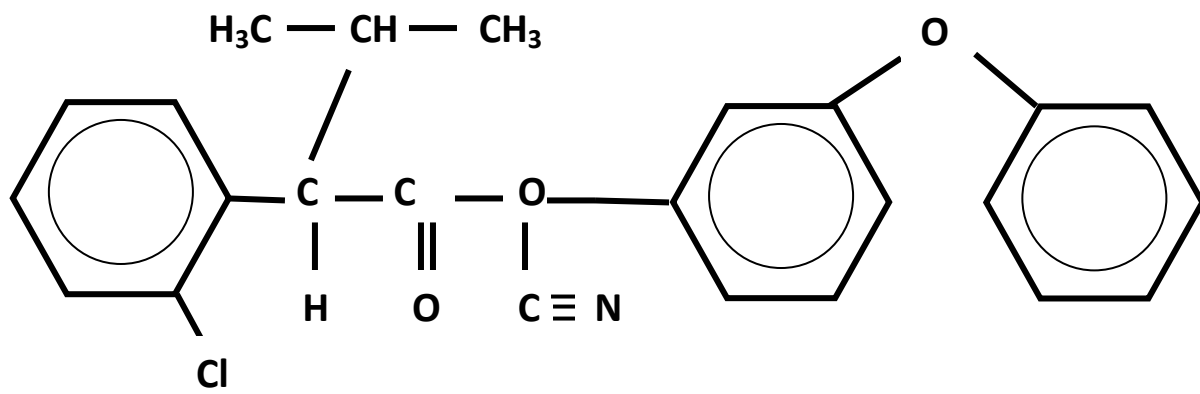
Estructura química de un plaguicida organofosforado (Paratión).



Estructura química de un plaguicida carbamato, derivado del ácido carbámico (Servín).

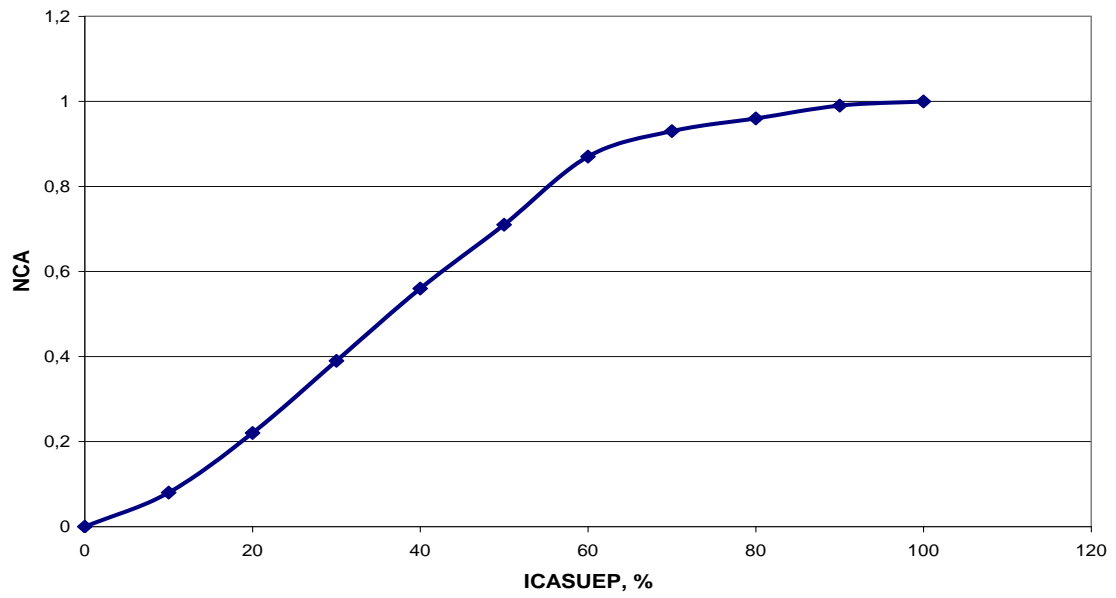


Estructura química de un plaguicida piretroide (Fenvalerato).



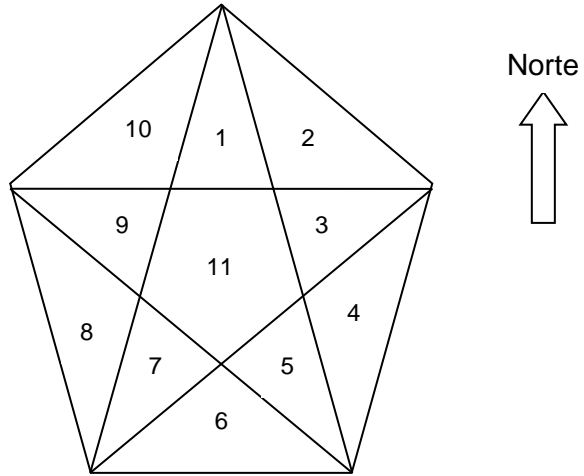
ANEXO 3

La función de transformación del ICASUEP



ANEXO 4

Distribución del área de muestreo.



Elaborada por: Leiva, y Zavala (2011).

ANEXO 5

Valores reportados por Leiva para el cálculo de los valores del modelo ICASUEP.

PARÁMETROS	ÓRGANO CLORADOS	ÓRGANO FOSFORADOS	PIRETROIDES	CARBAMATOS	VALORACIÓN PORCENTUAL (C_i)
VALOR ANALÍTICO	< 0,20	< 0,09	< 0,05	< 0,009	0
	0,20	0,09	0,05	0,009	10
	0,18	0,08	0,04	0,008	20
	0,14	0,07	0,03	0,007	30
	0,12	0,06	0,02	0,006	40
	0,10	0,05	0,01	0,005	50
	0,08	0,04	0,009	0,004	60
	0,06	0,03	0,008	0,003	70
	0,04	0,02	0,007	0,002	80
	0,02	0,01	0,006	0,001	90
	< 0,02	< 0,01	< 0,006	< 0,001	100
Unidad	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
Peso (P_i)	1,0	2,0	3,5	4,0	-----