

EVALUACIÓN DEL RIESGO DIETÉTICO DE INSECTICIDAS

Cristóbal Aldama-Aguilera¹, Juan Cibrián-Tovar², Nury Gineth Infante-González¹, Diana Marcela Paredes-Céspedes¹. ¹Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, Avenida Manuel Nava #8, Zona Universitaria, C.P. 78290, SLP, SLP. ²Entomología y Acarología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. cristobal.aldama@uaslp.mx; jcibrian@colpos.mx; infanten@javeriana.edu.co; paredes.d@javeriana.edu.com.

RESUMEN: Se evaluó la exposición de nueve insecticidas con el método de la Ingesta Diaria Teórica Máxima (IDTM). La caracterización del riesgo consistió en comparar la IDTM con la ingesta diaria aceptable (IDA) de cada plaguicida. Cuando la IDTM excedió la IDA, se calculó la Ingesta Diaria Estimada (IDE) utilizando datos de residuos monitoreados en lugar de los Límites Máximos de Residuos (LMRs) usados en el método de IDTM y también las IDEs se compararon con las IDAs. Los plaguicidas evaluados fueron malatión, clorpirifos, permetrina, diazinon, dimetoato, spinosad, abamectina, endosulfán y metimilo. Las IDTMs de malatión, clorpirifos, permetrina, abamectina y spinosad no excedieron las IDAs. Para el caso de diazinon y dimetoato, las IDEs no excedieron sus respectivas IDAs.

Palabras clave: Ingesta diaria teórica máxima, ingesta diaria estimada, plaguicidas, toxicología.

Dietary risk assessment of insecticides

ABSTRACT: The exposure to nine insecticides was evaluated through the Theoretical Maximum Daily Intake (TMDI) method. The characterization of risk consisted on comparing the TMDI to the Acceptable Daily Intake (ADI) of each pesticide. When the TMDI exceeded the ADI, the Estimated Daily Intake (EDI) was calculated using the residue monitoring data instead of the Maximum Residue Limit (MRL) used in the TMDI method, and also the EDI was compared to the ADI. The pesticides assessed were malathion, chlorpyrifos, permethrin, diazinon, dimethoate, spinosad, abamectin, methomyl and endosulfan. The TMDIs of malathion, chlorpyrifos, permethrin, abamectin and spinosad did not exceed the ADIs. In the case of diazinon and dimethoate, the EDIs did not exceed their respective ADIs.

Key words: Theoretical maximum daily intake, estimated daily intake, pesticides, toxicology.

Introducción

En todos los países existe un Límite Máximo de Residuo por plaguicida autorizado para cultivos, debido al riesgo potencial de que ciertas cantidades de plaguicidas permanezcan como residuos sobre frutas y hortalizas (Muller, 2007). En los casos de exceder dicho límite, o bien, si el plaguicida utilizado no tiene autorización para su aplicación, la cosecha se considera irregular y no debe comercializarse (Cabras, 2003). Aunque los LMRs no son un límite toxicológico, excederlos significa el uso incorrecto de estos plaguicidas; además, el riesgo toxicológico para el consumidor puede determinarse comparando los valores de exposición con la IDA (Cabras, 2003).

La distribución de los residuos de plaguicidas (RdP) dentro de límites seguros se garantiza mediante estudios de ingesta de plaguicidas, lo cual se realiza tanto en alimentos de origen animal y vegetal como en agua potable (WHO, 1997). La predicción de la ingesta de RdP es vital para evaluar los LMRs propuestos y que éstos sean aceptados oficialmente para que los productos se puedan comercializar en el ámbito nacional e internacional (Hamilton *et al.*, 1997). El principal objetivo de la evaluación de la toxicidad de los RdP en la identificación y caracterización del peligro, es determinar un nivel sin efecto adverso observable (NOAEL: no-observed-adverse-effect-level) en animales. Lo cual se basa en la información toxicológica disponible que se utiliza en conjunto con factores de seguridad para determinar la ingesta diaria aceptable en humanos (WHO, 1990). En la evaluación de

riesgos, la caracterización del riesgo involucra la comparación de las ingestas potenciales debidas a los residuos del plaguicida presentes en los alimentos con la IDA (WHO, 1997).

Dado que los residuos presentes en los alimentos son la principal vía de exposición a plaguicidas para la población humana, los objetivos fueron calcular el riesgo de exposición dietética de malatión, diazinón, dimetoato, clorpirifos, permetrina, spinosad, abamectina, endosulfán y metimilo.

Materiales y Método

Los niveles de exposición a los plaguicidas se estimaron con base en los métodos de Ingesta Diaria Teórica Máxima e Ingesta Diaria Estimada utilizados por la OMS (WHO, 1997). El método de la IDTM consiste en multiplicar los LMRs, establecidos para los cultivos en los que está autorizado el plaguicida (CICOPLAFEST, 2004), por la media del consumo *per cápita* diario de los alimentos, el cual se obtuvo de las hojas de balance alimenticio para México (FAO, 2007). En caso de que los datos alimenticios no estuvieran disponibles para un cultivo, los consumos *per cápita* se calcularon al dividir la producción nacional de determinado producto agrícola entre la población de México según el INEGI (2006).

En la caracterización del riesgo, cuando la IDTM de algún plaguicida excedió la IDA, se calculó la Ingesta Diaria Estimada nacional. La IDE representa una predicción más real de esa ingesta, ya que se utiliza la mediana o la media de los residuos de plaguicidas encontrados en ensayos supervisados (STMR, supervised trials median residues) en lugar de los LMRs (FAO-WHO, 2005).

Resultados y Discusión

Las IDTMs de malatión, clorpirifos, permetrina, abamectina, spinosad y metomilo a través de la dieta de los mexicanos, no excedieron sus respectivas IDAs (Cuadro 1). En concordancia, los residuos de plaguicidas en alimentos reportados por la FAO y la OMS, los residuos de malatión, clorpirifos metomilo (FAO-WHO, 2005), spinosad (FAO-WHO, 2002), permetrina (FAO-WHO, 1999), como resultado de su uso, no representaron riesgos para la salud humana. En situaciones donde el nivel de exposición tiene un amplio margen de seguridad, los LMRs propuestos de estos plaguicidas pueden ser aceptados porque no representan ningún riesgo a la salud cuando se usan bajo un programa de buenas prácticas agrícolas (Renwick, 2002).

En el Cuadro 2 se presentan con detalle los cálculos para obtener la IDTM de diazinón y dimetoato para México y se puede observar que la estimación de las ingestas excedieron las IDAs más de 1.8 y 5.9 veces, respectivamente. Estos resultados evidencian un alto riesgo por el uso de estos plaguicidas. De manera similar y en el ámbito internacional, en 1999, la FAO y la OMS encontraron que los residuos de diazinón pueden exceder las IDAs de las dietas del Medio Oriente y Europa (FAO-WHO, 1999). En este mismo sentido, la ingesta de dimetoato excedió la IDA en la dieta Europea en 2003 (FAO-WHO, 2004). En Brasil, Caldas y Souza (2000) estimaron que la IDTM de diazinón representó 330% de la IDA, igualmente la ingesta de dimetoato excedió la IDA. De manera contrastante, Caldas y Souza (2004) obtienen que la IDTM de diazinón en Brasil fue menor que la IDA. Además, Chun y Kang (2003) reportan que la IDTM de diazinón representó 86.7% de la IDA en Corea, pero obtuvieron que la IDTM de dimetoato representaba 438% de la IDA.

Cuadro 1. Dosis de referencia, Ingesta Diaria Teórica Máxima (IDTM) e Ingesta Diaria Estimada (IDE) de varios plaguicidas en México.

Plaguicidas	NOAEL mg kg ⁻¹ PC día ⁻¹ en ratas	IDA mg kg ⁻¹ PC día ⁻¹	IDTM mg día ⁻¹	IDE mg día ⁻¹
Malatión	29	18	9.0116	
Diazinón	0.5	0.3	0.5581	0.0922

Entomología Mexicana 1: (2014)

Dimetoato	1.2	0.12	0.7095	0.0688
Clorpirifos	1	0.6	0.5129	
Permetrina	5	3	0.5239	
Abamectina	0.25	0.12	0.0180	
Spinosad	2.4	1.2	0.2098	
Metomilo	3.56	0.03	0.78	
Endosulfán	1.5	0.006	0.5683	

PC: Peso corporal, IDA: Ingesta Diaria Aceptable. FAO-WHO (1998, 1999, 2002, 2004, 2005 2006), Tomlin (2000).

Según la WHO (1997), no se debe concluir que los LMRs de diazinón y dimetoato son inaceptables debido a que las IDTMs excedieron las IDAs. De acuerdo con Hamilton *et al.* (1997), la ingesta de plaguicidas en la dieta debe calcularse utilizando datos reales, es decir, con el método de la Ingesta Diaria Estimada, en lugar de la IDTM. La FAO propone, llevar a cabo STMR para los estudios del comportamiento de Rdp en cultivos o alimentos, orientados al establecimiento de LMRs, pero también contribuyen al conocimiento de las formas en que ocurre la degradación, disipación o decadencia para determinar los plazos de seguridad [intervalo pre-cosecha] (FAO, 2002). En estos ensayos supervisados, se efectúan experimentos de campo con aplicaciones de plaguicidas en condiciones seleccionadas y conocidas respecto de localidad, especie/variedad, condiciones agroecológicas, modo de aplicación, dosis y formulación, número y oportunidad de aplicación, métodos de muestreo representativo, programa fitosanitario, entre otras variables (US EPA, 1996). Estos experimentos se deben efectuar en el contexto del último uso (aplicaciones lo más tardías posibles con respecto a la cosecha) y máximo número de aplicaciones recomendadas (Coscolla, 1993). La IDTM es una sobreestimación de la ingesta real de residuos de plaguicidas ya que, entre otras cosas: la mayoría de los cultivos tratados contienen residuos mucho más bajos que el LMR al momento de la cosecha; además, no en todas las regiones donde se establece un cultivo son tratadas con el mismo plaguicidas, y se considera el porcentaje comestible de los alimentos (por ejemplo, aquellos que tienen cáscara), reducción (o concentración) del residuo durante el almacenamiento y manipulación del alimento (lavado), reducción (o concentración) del residuo durante el cocinado o preparación, entre otros (WHO, 1997).

En este sentido, en el Cuadro 2 se muestra el cálculo de las IDEs de diazinón y dimetoato, las cuales no excedieron sus respectivas IDAs en México. Sin embargo, los plaguicidas se usan diaria e internacionalmente a una escala masiva en la protección de cultivos, la preservación de alimentos y el control de insectos vectores, plagas urbanas y parásitos de animales domésticos (Skidmore *et al.*, 1997), por lo que es necesario incluir evaluaciones de exposición ocupacional, residencial y sobretudo de los impactos eco-toxicológicos en el ambiente,

Conclusiones

Los valores de predicción de las Ingestas Teóricas Diarias Máximas Nacionales de malatión, clorpirifos, permetrina, spinosad, abamectina y metomilo no excedieron sus Ingestas Diarias Aceptables para México.

Cuadro 2. Ingesta Diaria Teórica Máxima (IDTM) e Ingesta Diaria Estimada (IDE) de diazinón y dimetoato en México.

Producto	Dieta [¶] g día ⁻¹	Diazinón				Dimetoato			
		LMR [†] mg kg ⁻¹	IDTM mg día ⁻¹	STMR [§] mg kg ⁻¹	IDE mg día ⁻¹	LMR [†] mg kg ⁻¹	IDTM mg día ⁻¹	STMR [¶] mg kg ⁻¹	IDE mg día ⁻¹
Aceituna	3.54	1	0.0035	sd	0.0035	nr	-	-	-
Ajo	1.11	0.75	0.0008	0.0075	0.0000	2	0.0022	sd	0.0022
Apio	0.51	0.7	0.0004	0.1525	0.0001	2	0.0010	0.0110	0.0000
Avena	0.29	nr	-	-	-	1	0.0003	sd	0.0003

Aldama-Aguilera *et al.*: Evaluación del riesgo dietético de insecticidas

Cacahuete	6.88	0.75	0.0052	sd	0.0052	nr	-	-	-
Café	3.88	0.2	0.0008	0.2	0.0008	nr	-	-	-
Calabaza	9.46	0.5	0.0047	0.0438	0.0004	nr	-	-	-
Caña de azúcar	3.5	0.75	0.0026	sd	0.0026	nr	-	-	-
Cebada	12.72	nr	-	-	-	0.3	0.0038	0.1500	0.0019
Cebolla	23.98	0.75	0.0180	0.0015	0.0000	nr	-	-	-
Chícharo	0.98	0.5	0.0005	sd	0.0005	2	0.0020	0.0060	0.0000
Chile	34.27	0.5	0.0171	0.128	0.0044	2	0.0685	0.0230	0.0008
Ciruella	3.13	0.5	0.0016	0.0015	0.0000	nr	-	-	-
Cítricos	139.63	0.7	0.0977	0.0815	0.0114	2	0.2793	0.0360	0.0050
Coles	2.82	0.7	0.0020	0.01	0.0000	2	0.0056	0.0120	0.0000
Coliflor y brócoli	5.17	0.7	0.0036	0.028	0.0001	2	0.0103	0.0250	0.0001
Duraznos y nectarinos	5.70	0.7	0.0040	0.0543	0.0003	nr	-	-	-
Ejotes	2.9	0.5	0.0015	sd	0.0015	2	0.0058	0.2800	0.0008
Espinaca	0.28	0.7	0.0002	0.2265	0.0001	2	0.0006	0.0240	0.0000
Fresa	3.10	0.5	0.0016	0.0165	0.0001	nr	-	-	-
Frijoles	30.21	0.5	0.0151	sd	0.0151	2	0.0604	0.0060	0.0002
Higo	0.28	0.5	0.0001	0.28	0.0001	nr	-	-	-
Lechuga	6.47	0.7	0.0045	0.0825	0.0005	2	0.0129	0.3000	0.0019
Maíz	326.71	0.7	0.2287	0.027	0.0088	0.1	0.0327	0.0100	0.0033
Manzana	16.77	0.5	0.0084	0.04	0.0007	2	0.0335	0.0060	0.0001
Melón	10.49	0.75	0.0079	0.005	0.0001	1	0.0105	0.0100	0.0001
Nabo	0.06	nr	-	-	-	2	0.0001	0.0050	0.0000
Nuez	2.37	0.5	0.0012	sd	0.0012	0.1	0.0002	sd	0.0002
Papa	47.18	0.1	0.0047	0.023	0.0011	0.2	0.0094	0.0010	0.0000
Pepino	0.15	0.75	0.0001	0.088	0.0000	nr	-	-	-
Pera y membrillo	2.93	0.5	0.0015	0.04	0.0001	2	0.0059	0.0080	0.0000
Piña	17.28	0.5	0.0086	0.0465	0.0008	nr	-	-	-
Plátano	45.52	0.2	0.0091	0.028	0.0013	nr	-	-	-
Rábano	0.72	0.5	0.0004	0.038	0.0000	nr	-	-	-
Sandía	13.18	0.75	0.0099	0.002	0.0000	1	0.0132	0.0060	0.0001
Soya	55.27	0.1	0.0055	sd	0.0055	0.05	0.0028	0.0500	0.0028
Tomate (jitomate)	36.68	0.75	0.0275	0.12	0.0044	2	0.0734	0.0060	0.0002
Tomate de cascara	14.69	0.75	0.0110	sd	0.0110	1	0.0147	sd	0.0147
Trigo	84.24	0.05	0.0042	sd	0.0042	0.04	0.0034	0.0400	0.0034
Uva	7.51	0.75	0.0056	0.0775	0.0006	1	0.0075	1.0000	0.0075
Carne de aves	76.72	0.02	0.0015	0.0050	0.0004	nr	-	-	-
Carne de bovino	30.24	0.02	0.0006	0.0050	0.0002	nr	-	-	-
Carne de cerdo	36.61	0.02	0.0007	0.0050	0.0002	nr	-	-	-
Carne de conejo	0.11	0.7	0.0001	0.0350	0.0000	nr	-	-	-
Carne de equino	2.21	0.02	0.0000	0.0050	0.0000	nr	-	-	-
Huevo	44.56	nr	-	-	-	nr	-	-	-
Miel	0.83	0.5	0.0004	0.0009	0.0000	nr	-	-	-
Agua para beber	1500	0.02	0.0300	0.0001	0.0002	0.02	0.0300	0.0024	0.0036
Total			0.5581		0.0922		0.7095		0.0688
IDA (mg kg⁻¹ de PC)			0.005		0.005		0.002		0.002
IDA (mg por persona 60 kg)			0.3		0.3		0.12		0.12
% IDA			186.03		30.75		591.24		57.34

[†]CICOPLAFEST (2004); [‡]FAO (2007); [§]US EPA (2000) y US EPA (2004); [¶]US EPA (1998); nr= no registrado; STMR: (Supervised Trial Median Residues) mediana o media de los residuos de plaguicidas encontrados en ensayos supervisados.

El uso de estos plaguicidas representa un bajo riesgo para la salud de los consumidores cuando se usan bajo el esquema de buenas prácticas agrícolas. Aun cuando las Ingestas Diarias Estimadas de diazinón y dimetoato no excedieron sus IDAs, es necesario incluir evaluaciones de exposición ocupacional, residencial y de impacto eco-toxicológicos y proponer medidas para reducir el riesgo de exposición a estos plaguicidas ya que, además de que las IDTMs rebasaron sus respectivas IDAs, se utilizan a escala masiva ya que su uso está autorizado en los sectores agrícola, pecuario, doméstico, jardinería, urbano e industrial.

Literatura Citada

Cabras, P. 2003. Pesticides: toxicology and residues in food. *In*: Food safety: contaminants and toxins. D'Mello, J. P. F. (Ed). CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 91-124.

- Caldas, E. D. and Souza, L. C. K. R. 2000. Chronic dietary risk assessment of pesticide residues in Brazilian food. *Journal of Public Health*. 34(5): 529-537.
- Caldas, E. D. and Souza, L. C. K. R. 2004. Chronic dietary risk for pesticide residues in food in Brazil: an update. *Food Additives and Contaminants*. 21(11): 1057-1064.
- Chun, O. K. y H. G. Kang. 2003. Estimation of risks of pesticide exposure, by food intake, to Koreans. *Food and Chemical Toxicology*. 41(8): 1063-1076.
- CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). 2004. Catálogo de plaguicidas. CICOPLAFEST. SSA, SAGARPA, SEMARNAT, SE. México, D. F.
- Coscolla, R. 1993. Residuos de plaguicidas en alimentos vegetales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 205 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2002. Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed. FAO. Rome, Italy. 192 p.
- FAO. 2007. FAOSTAT, FAO Dirección de Estadística 2007: Food Balance Sheets data, Mexico 2005. [En línea] <http://faostat.fao.org/site/368/default.aspx>. Última consulta: 15 de agosto de 2007.
- FAO-WHO. 1999. Pesticide residues in food -1999. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group. FAO plant production and protection paper, 153. Rome, Italy. 293 p.
- FAO-WHO. 2002. Pesticide residues in food -2001. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group. FAO plant production and protection paper, 171. Rome, Italy. 293 p.
- FAO-WHO. 2004. Pesticide residues in food-2003. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group. FAO plant production and protection paper, 176. Rome, Italy. 303 p.
- FAO-WHO. 2005. Pesticide residues in food-2004. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group. FAO plant production and protection paper, 178. Rome, Italy. 375 p.
- Hamilton, D. J., P. T. Holland, B. Ohlin, W. J. Murray, A. Ambrus, G. C. De Baptista, and J. Kovacicova. 1997. Optimum use of available residue data in the estimation of dietary intake of pesticides. *Pure and Applied Chemistry*. 69(6): 1373-1410.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2006. Comunicado Núm. 087/06. Resultados definitivos del II conteo de población y vivienda 2005. INEGI. Aguascalientes, Méx. 8 p.
- Muller, E. 2007. Establishment of maximum residue levels for minor uses. *EPPO Bulletin*. 37(1): 215–218.
- Renwick, A. G. 2002. Pesticide residue analysis and its relationship to hazard characterisation (ADI/ARfD) and intake estimations (NEDI/NESTI). *Pest Management Science*. 58: 1073-1082.
- Skidmore, M. W., H. A. Kuiper y D. Hamilton. 1997. Safety evaluation of pesticide residues in food. *Chemistry International*. 19(4): 119-126.
- Tomlin C. D. S. 2000. The e-pesticide manual, a world compendium of pesticides. 12th edition. British Crop Protection Council. Surrey, UK. CD-ROM.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 1996. OPPTS 860.1500 Crop field trials. EPA 712-C-96-183. US EPA. Washington DC, USA. 89 p.

- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. Dietary exposure analysis for dimethoate in support of the reregistration eligibility decision. United States Environmental Protection Agency. Washington DC, USA. 39 p.
- US EPA. 2000. Diazinon (057801): Refined anticipated residues/acute and chronic dietary risk assessment (including beef fat). DP Barcode D269781. United States Environmental Protection Agency. Washington DC, USA. 22 p.
- US EPA. 2004. Interim reregistration eligibility decision for diazinon. EPA 738-R-04-006. United States Environmental Protection Agency. Washington DC, USA. 112 p.
- WHO (World Health Organization). 1990. Principles for the toxicological assessment of pesticide residues in food. Environmental health criteria 104. WHO, Geneva, Switzerland.
- WHO. 1997. Guidelines for predicting dietary intake of pesticides residues. GEMS/Food, World Health Organization, Geneva, Switzerland. 33 p.
- WHO. 1999. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Environmental health criteria 210. World Health Organization. Geneva, Switzerland. [En
- WHO. 2005. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2004. International Programme on Chemical Safety and the World Health Organization. Geneva, Switzerland. 56 p.