



**El Colegio de la Frontera Sur**

**Detección de Glifosato en Agua Superficial y  
Subterránea Asociados a Cultivos Tropicales en el  
Sureste de México**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

**Por**

**Jovani Ruiz Toledo**

**2013**

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

### ESTE TRABAJO ESTÁ DEDICADO:

*A Dios*

*Y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo cuando más los necesitaba y me hicieron sonreírle a la vida en los momentos de dificultad.*

### DIOS:

Agradezco por darme la oportunidad de poder hacer realidad este sueño y colocar cada una de las piezas necesarias para culminar este proyecto. Gracias por estar conmigo en todos los momentos de mi vida demostrando tu gran fidelidad. *En tu mano encomiendo mi espíritu; Tú me has redimido, oh Jehová, Dios de verdad. Salmos 31:5*

### A MIS PADRES:

**Miguel Ángel Ruiz Bravo y Diodelfa Toledo Avalos.** Agradezco por su apoyo incondicional que me han dado desde la infancia y porque siempre han trabajado para darnos lo mejor. Papá, mamá, nombres tan sencillos de pronunciar pero que siempre enaltecen de orgullo mi hablar por la fortuna de ser hijo suyo. Los amo.

### A CONACYT:

Les agradezco por la beca que me otorgaron para culminar los estudios de posgrado y poder realizar este proyecto (CVU 422233).

### A CONACYT-SAGARPA

Por financiar el proyecto "Validación y desarrollo de tecnología para el manejo integral de mosca de la fruta en mango con enfoque en aéreas grandes" del cual se forma parte este estudio.

### LILIAN LISELY

Gracias por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles, gracias por la paciencia y por tus palabras que siempre me han fortalecido. Agradezco a Dios por preparar una mujer como tú para que estuvieras conmigo. Te amo mi princesa hermosa.

### A MI DIRECTOR DE TESIS:

**Dr. Daniel Sánchez Guillén.** Gracias por todo su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, orientaciones, manera de trabajar, persistencia, paciencia y motivación han sido fundamentales para mi formación. Gracias por creer en mí, en mi capacidad y

por su apoyo durante la elaboración de ésta tesis. Gracias por el tiempo brindado en la enseñanza, en la revisión y elaboración de este proyecto. Ha sido un privilegio trabajar a su lado y adquirir nuevas experiencias y conocimientos que me motivan a continuar el área de investigación.

#### **A MIS ASESORES:**

**Dr. Ricardo Bello Mendoza, Norma Edith Rivero Pérez, Ricardo Alberto Castro Chan.** Gracias por aportar a mi aprendizaje sus conocimientos, por el apoyo brindado en la revisión de ésta tesis y por cada uno de los aportes proporcionados que me permitieron hacer un trabajo de calidad.

#### **A MIS SINODALES:**

**Dr. José Ernesto Sánchez Vázquez, Dr. Leopoldo Cruz López, José Pablo Liedo Fernández.** Gracias por la revisión de esta tesis y por cada una de sus sugerencias que me sirvieron para culminar este documento.

#### **A MIS AMIGOS:**

La amistad es un tesoro invaluable y los amigos, son aquellas piezas de oro que cualquier buscador de tesoros anhela encontrar, yo me siento profundamente agradecido por todos aquellos grandes amigos que me han acompañado en este tiempo. **Salo, Vero, Adriana y Alfredo** han sido las mejores personas que he conocido a lo largo de mi vida. Los grandes momentos de diversión que hemos compartido no se comparan con nada y esos momentos risas que siempre estuvieron para sacarnos del estrés. Mi riqueza las mido por la calidad de mis amigos, gracias por formar parte de ella. Siempre los llevaré en mi corazón. Dios los bendiga.

**Yensy, Laura, Mayra, Zitlalic, Alma, Sarahí, Willmar, Miguel, Ricardo, Enoc, Reynolds, Edvin, Ernesto.** Gracias por esos momentos inigualables que logre compartir con ustedes. Me hicieron sentir como en familia, Dios los bendiga.

**Erik Solórzano.** Gracias por tu amistad y por la confianza que me has brindado. También por tu apoyo en la realización de este proyecto de tesis.

## CONTENIDO

1. CAPITULO INTRODUCTORIO.....	I
2. CAPITULO DE ARTÍCULO: Occurrence of glyphosate in surface and ground water bodies associated whit tropical crops in south Mexico.....	II
3. CAPITULO FINAL.....	III
4. BIBLIOGRAFÍA (del capítulo introductorio y el capítulo final).....	IV
5. ANEXOS: Efecto de la concentración de glifosato presente en cuerpos de agua cercanos a campos de soya transgénica sobre la abeja <i>Apis mellifera</i> y la abeja sin aguijón <i>Tetragonisca angustula</i> .....	V

## 1. CAPITULO INTRODUCTORIO

El continuo crecimiento de la población humana tiene como consecuencia natural un aumento en la producción de alimentos, situación particularmente evidente en los últimos 40 años (Robertson y Swinton 2005; Godfray et al. 2010). Esto ha motivado a los productores a buscar prácticas agrícolas que aumenten la producción de sus cultivos y que sufran menos por plagas (Hails 2002). Algunos cultivos son particularmente susceptibles a las malezas, por lo que la introducción de organismos genéticamente modificados, o transgénicos (soya, algodón, maíz, canola y alfalfa), resistentes a herbicidas como el glifosato permite la aplicación de esta sustancia sin que se reduzca la producción, afectando únicamente a las plantas indeseables. Sin embargo, una de las consecuencias derivadas de la aplicación de glifosato es la contaminación de agua, suelo y sedimentos (Arregui et al. 2004; Byer et al. 2008; Peruzzo et al. 2008; Hanke et al. 2010). Otro problema es la reducción de recursos necesarios para algunos organismos polinizadores como las mariposas, abejas, abejorros y otros insectos (Goulson et al. 2008; Brower et al. 2012), ya que el glifosato al ser de amplio espectro, afecta a las plantas que usan como refugios o fuente de recursos. Además se han reportado afectaciones directas, como problemas en la reproducción, alteraciones endócrinas, malformaciones y disminución de la diversidad de especies en aves, anfibios e insectos (Relyea 2005; Evans et al. 2010; Jones et al. 2011; Séralini et al. 2012).

A pesar de los problemas que se originan por el uso de glifosato, la aceptación de los cultivos transgénicos a nivel mundial ha sido enorme y sigue en aumento, ya que en la actualidad se cultivan más de 100 millones de hectáreas en 22 países (James 2006), comparado con 1.7 millones de hectáreas que se cultivaban en 1996 (James 2003), un aumento de casi 50 veces en 10 años. Con la introducción de estos cultivos también se ha incrementado la demanda de glifosato a nivel mundial. En el año 2011 se utilizaron alrededor de 650,000 toneladas de productos a base de glifosato, cifra que podría duplicarse para el año 2017 debido al creciente uso de estos cultivos (CCM international 2012). Por ejemplo, en Argentina (Brindraban et al. 2009) y Brasil (Riesemberg y Silva 2009) se ha observado un incremento en el uso de glifosato debido a que los cultivos transgénicos alientan a los agricultores a realizar aplicaciones continuas, lo que ya ha ocasionado la aparición de resistencia (James 2003).

En México, el glifosato es uno de los herbicidas más vendidos (Albert 2005; Salazar y Aldana 2011). Sus ventas se han asociado con la introducción de cultivos transgénicos resistentes a este herbicida lo que implica un aumento en la contaminación de fuentes de agua y otros recursos (Arregui et al. 2004; Landry et al. 2005; Peruzzo et al. 2008). De esta manera se empeora el panorama para especies de importancia ecológica y económica como las abejas, que brindan el servicio de polinización y la elaboración de productos como la miel. Los objetivos de

este trabajo fueron (1) determinar las concentraciones de glifosato presentes en cuerpos de agua cercanos a zonas agrícolas en la región Soconusco, Chiapas, México y (2) medir los efectos tóxicos agudos de las concentraciones de glifosato encontradas sobre las abejas *Apis mellifera* y *Tetragonisca angustula*. Se colectaron muestras en el periodo de secas y de lluvias de 2013 y se analizaron mediante inmunoensayo enzimático. Se detectó glifosato en todas las muestras. Para la temporada de secas la concentración más alta fue 36.71 µg/L, y para la de lluvias fue 1.32 µg/L. La mayoría de las muestras presentaron concentraciones superiores a los límites permisibles por las normas de Europa y Australia. Con base a la concentración más elevada encontrada (36.71 µg/L) se prepararon soluciones de agua-miel y se realizaron las pruebas de toxicidad oral a 24 horas sobre los polinizadores, resultando que las concentraciones encontradas en campo no generaron efectos agudos sobre la mortalidad en estas especies.

## **1. CAPITULO DE ARTÍCULO**

### **Occurrence of Glyphosate in Surface and Ground Water Bodies Associated whit Tropical Crops in Southern Mexico**

Jovani Ruiz-Toledo, Ricardo Castro, Norma Rivero-Pérez, Ricardo Bello-Mendoza, Daniel  
Sánchez

Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology



**Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**  
**Occurrence of Glyphosate in Surface and Ground Water Bodies Associated with**  
**Tropical Crops in Southern Mexico**  
 --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	BECT-D-13-00020
<b>Full Title:</b>	Occurrence of Glyphosate in Surface and Ground Water Bodies Associated with Tropical Crops in Southern Mexico
<b>Article Type:</b>	Original Research
<b>Keywords:</b>	Herbicide, Immunoassay, Pollution, Leaching, Groundwater
<b>Corresponding Author:</b>	Daniel Sánchez MEXICO
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	
<b>First Author:</b>	Jovani Ruiz-Toledo, MSc
<b>First Author Secondary Information:</b>	
<b>Order of Authors:</b>	Jovani Ruiz-Toledo, MSc Ricardo Castro, MSc Norma Rivero-Pérez, Dr. Ricardo Bello-Mendoza, Dr. Daniel Sánchez
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Abstract:</b>	Glyphosate is an agrochemical widely used to control weeds, but with known adverse effects on aquatic biota. Despite this, its usage is increasing, mainly due to the introduction of transgenic crops resistant to glyphosate. To date, there are no studies in Mexico aimed to determine the occurrence of this herbicide in crop fields, even though it is the most used pesticide in this country. We carried out an exploratory study to quantify glyphosate in water bodies associated with tropical crops in southern Mexico, during dry and rainy seasons. Glyphosate was found in all samples, with concentrations ranging 0.05 - 36.71 µg/L; concentrations were higher in samples taken during the dry season than in the rainy season. In some samples the concentration was above the limits permitted by European (0.1 µg/L) and Australian regulations (10 µg/L). These results constitute a baseline for evaluating changes in the concentration of glyphosate over time.

1 **Occurrence of Glyphosate in Surface and Ground Water Bodies Associated whit Tropical**  
2 **Crops in Southern Mexico**

3  
4 Jovani Ruiz-Toledo<sup>1</sup>, Ricardo Castro<sup>1</sup>, Norma Rivero-Pérez<sup>2</sup>, Ricardo Bello-Mendoza<sup>1, 3</sup>, Daniel  
5 Sánchez<sup>1\*</sup>

6  
7 <sup>1</sup> El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Antiguo Aeropuerto Km 2.5, Tapachula, Chiapas,  
8 México, CP 30700

9 <sup>2</sup> Centro Regional de Investigación en Salud Pública / Instituto Nacional de Salud Pública, 19  
10 Poniente y 4a. Norte S/N, Tapachula, Chiapas, CP 30700

11 <sup>3</sup> University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch 8140, New Zealand

12 \*Corresponding author: [dsanchez@ecosur.mx](mailto:dsanchez@ecosur.mx), +52 (962) 62 8 98 00 ext. 5400

13 **ABSTRACT**

14 Glyphosate is an agrochemical widely used to control weeds, but with known adverse effects on  
15 aquatic biota. Despite this, its usage is increasing, mainly due to the introduction of transgenic  
16 crops resistant to glyphosate. To date, there are no studies in Mexico aimed to determine the  
17 occurrence of residues this herbicide in crop fields, even though it is the most used pesticide in  
18 this country. We carried out an exploratory study to quantify glyphosate in water bodies  
19 associated with tropical crops in southern Mexico, during dry and rainy seasons. Glyphosate was  
20 found in all samples, with concentrations ranging 0.05 - 36.71 µg/L; concentrations were higher  
21 in samples taken during the dry season than in the rainy season. In some samples the  
22 concentration was above the limits permitted by European (0.1 µg/L) and Australian regulations  
23 (10 µg/L). These results constitute a baseline for evaluating changes in the concentration of  
24 glyphosate over time.

25  
26 **KEYWORDS**

27 Herbicide, Immunoassay, Pollution, Leaching, Groundwater

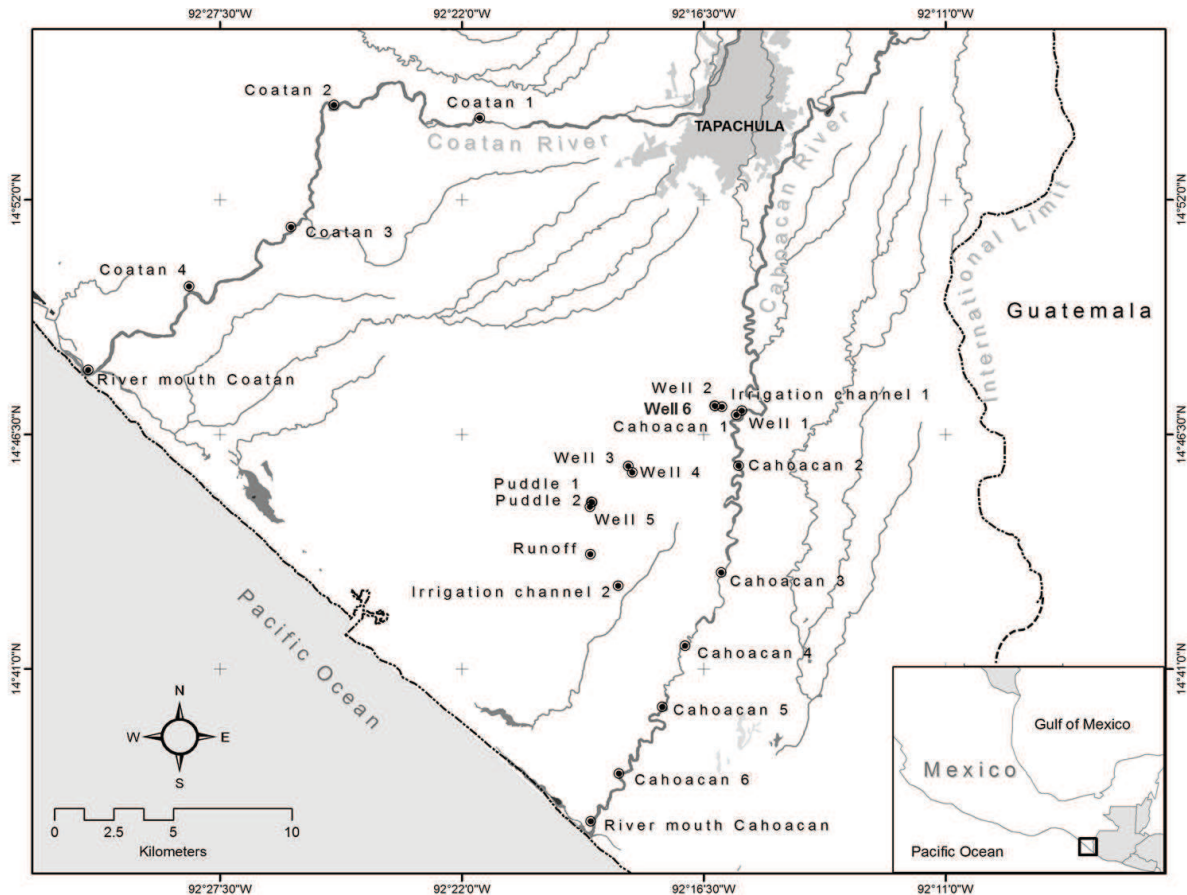
28  
29 **INTRODUCTION**

30 Glyphosate [N-(phosphonomethyl)-glycine], is a systemic, non-selective herbicide used to  
31 control the majority of annual and perennial weeds by disrupting the synthesis of aromatic  
32 aminoacids essential for plant growth (Schuette 1998; Battaglin et al. 2005; Evans et al. 2010).  
33 Worldwide consumption of glyphosate is steadily increasing, partially due to the introduction of  
34 genetically modified crops (GMC) resistant to this herbicide (Székács and Darvas 2012). As a  
35 consequence, pollution by glyphosate is also increasing in superficial and groundwater (Byer et  
36 al. 2008; Peruzzo et al. 2008; Sanchís et al. 2012; Mörtl et al. 2013). Glyphosate reaches water  
37 bodies by run-off (Edwards et al. 1980; Feng et al. 1990; Kaiser 2011), leaching (Strange-  
38 Hansen et al. 2004; Kjaer et al. 2005; Torstensson et al. 2005; Landry et al. 2005) or drift (Payne  
39 et al. 1990; Payne 1992) from agricultural zones. Many studies have shown the detrimental  
40 effects of glyphosate upon fishes, amphibians, mammals and birds (Relyea 2005; Richard et al.  
41 2005; Benachour and Séralini 2009; Séralini et al. 2012). An increment in the use of glyphosate  
42 in agricultural areas in south Mexico, is expected in the coming years, since Mexico's Ministry  
43 of Agriculture has authorized the growth of GM soybean on 30,000 ha for 2013 (CONABIO  
44 2012). Therefore it is important to survey the levels of glyphosate on a regular basis for any  
45 possible risks to local species. However, there are no studies in Mexico reporting on the  
46 concentration of glyphosate in water bodies, despite this being the highest sold herbicide in this  
47 country (Albert 2005; Salazar and Aldana 2011). The aim of this work was to quantify  
48 glyphosate in water bodies associated with tropical crops in south Mexico, where glyphosate is  
49 being used extremely to establish a baseline for future, monitoring studies.

50  
51 **MATERIALS AND METHODS**

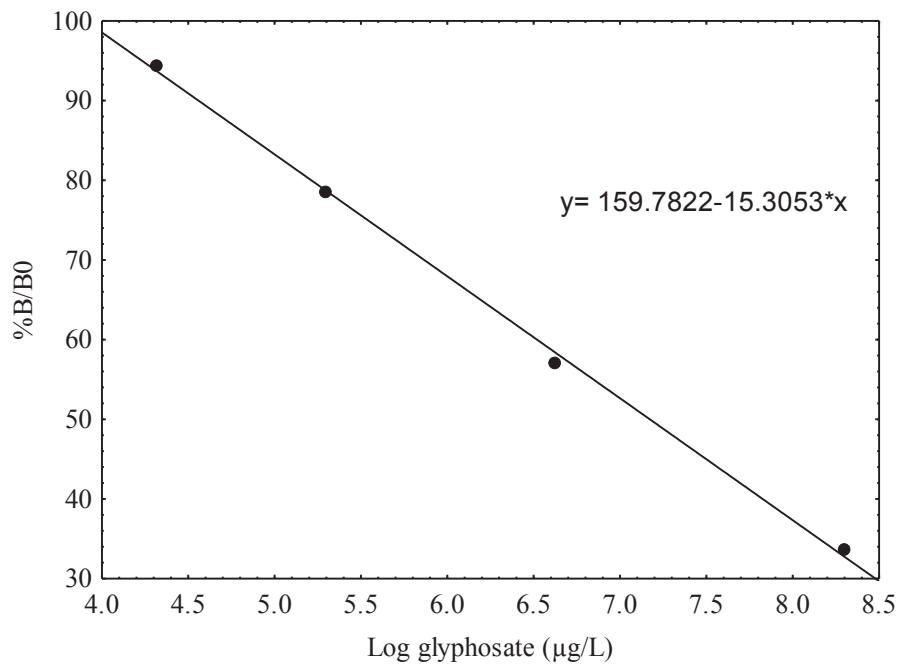
52 Twenty-three sampling sites were selected near agricultural areas around the city of Tapachula,  
53 which is typical of the Soconusco Region in Chiapas, during February and July 2013, which  
54 included the dry and rainy seasons, respectively. Sites were grouped into four categories  
55 according to their location (Figure 1): Coatan river bank (N = 5), Cahoacan river bank (N = 7),  
56 groundwater (N = 6, which includes household wells and irrigation wells), and various (N = 5,  
57 run-offs, puddles and irrigation channels). Sites located along river banks were separated from  
58 each other by at least 4.5 km. A total of 46 samples were collected (200 ml each, 23 per season),

59 in amber glass bottles thoroughly cleaned with diluted HCl. After sample collection, These were  
60 transported and stored at 4°C until analysis. Samples were filtered using nitrocellulose filters  
61 (0.20 µm pore size) and a vacuum pump.  
62



63  
64  
65 **Figure 1. Sampling sites**

66 We quantified glyphosate by using an immunoassay kit by Abraxis LLC, Part number  
67 PN500084, (Abraxis LLC: Warminster), which has been validated elsewhere (Rubio et al. 2003;  
68 Byer et al. 2008; Sanchís et al. 2012). Abraxis glyphosate immunoassay has a sensitivity of 0.05  
69 µg/L, mean recovery rate of 102%, and a maximum lineal detectable concentration of 4 µg/L. A  
70 calibration curve was constructed with 4 standard solutions (0.075, 0.2, 0.75 and 4 µg/L, Figure  
71 2), two replicates each. An analytical quality control solution (0.5 µg/L) was also used. Possible  
72 cross reactivity with other agrochemicals used in the study area (paraquat, spinosad, malathion,  
73 mancozeb, endosulfan, chlorothalonil, chlorpyrifos and cypermethrin) was investigated. In  
74 addition, Abraxis glyphosate immunoassay has shown no reactivity to other substances, like  
75 some ions and humic acids (Clegg et al. 1999; Rubio et al. 2003; Sanchís et al. 2012).



**Figure 2.** Calibration curve of glyphosate Abraxis immunoassay

76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92

In order to determine differences in glyphosate concentration between sites and seasons, data were analyzed with Mann-Whitney statistics at a significance level  $\alpha = 0.05$ . Statistical analysis was carried out using Statistica v7 (Statsoft, USA).

### Results and discussion

All 46 samples had detectable levels of glyphosate. Global mean concentration ( $\pm$  SD) was  $3.02 \pm 7.63 \mu\text{g/L}$ . Mean concentrations during dry ( $5.69 \pm 10.21 \mu\text{g/L}$ ) and rainy ( $0.349 \pm 0.31 \mu\text{g/L}$ ) seasons were significantly different ( $U = 135$ ;  $P < 0.05$ , Table 1) from each other. Glyphosate concentration in groundwater samples and samples from Cahoacan river bank were significantly higher in the dry season ( $U = 3$ ;  $P < 0.05$ ). No significant difference was observed between seasons both in the Coatan river bank ( $U = 9$ ;  $P = 0.46$ ) or in various category samples ( $U = 17$ ;  $P = 0.16$ ).

**Table 1.** Glyphosate concentrations in sampling sites during dry and rainy seasons 2013.

Category	Site	Sampling site	Mean [glyphosate] ( $\mu\text{g/L}$ )	
			Dry season	Rainy season
Cahoacan river bank	1	Cahoacan 1	21.511	0.084
	2	Cahoacan 2	1.64	0.097
	3	Cahoacan 3	0.469	0.135
	4	Cahoacan 4	0.322	0.168
	5	Cahoacan 5	36.712	0.130
	6	Cahoacan 6	0.522	0.319
	7	Cahoacán river mouth	6.599	0.886
	8	Well 1(household)	1.668	0.307

Groundwater (Wells)	9	Well 2 (Irrigation)	1.771	0.561
	10	Well 3 (Household)	1.168	0.080
	11	Well 4 (Household)	0.264	0.371
	12	Well 5 (Irrigation)	18.432	0.091
	13	Well 6 (Irrigation)	0.052	0.115
	Various	14	Irrigation channel 1	22.860
15		Puddle 1	0.137	0.333
16		Puddle 2	1.730	0.609
17		Runoff	0.230	0.325
18		Irrigation channel 2	1.239	1.327
Coatan river bank	19	Coatan 1	0.112	0.200
	20	Coatan 2	0.370	0.551
	21	Coatan 3	0.204	0.166
	21	Coatan 4	0.349	0.103
	23	Coatan river mouth	0.460	0.316

93

94 In general, we found concentrations of glyphosate higher than those described by Ludvisen and  
95 Lode (2001) in Norway, Sanchís et al. (2012) in Spain, Mört et al. (2013) in Hungary, Battaglin  
96 et al. (2005) in United States, and Byer et al. (2008) in Canada, where the lowest concentration  
97 was 0.097 µg/L and the highest 12 µg/L. Nonetheless in another study in Canada, Struger et al.  
98 (2008) found a maximum concentration of 41 µg/L in surface water and Peruzzo et al. (2008)  
99 reported the highest concentrations for water bodies found in Argentina and the world: 100 to  
100 700 µg/L. A study carried out during the rainy season in Belize, which has similar climatic  
101 conditions to el Soconusco, found mean concentration of 0.71 µg/L (max 1.71 µg/L) of  
102 glyphosate, similar to our findings (0.34 µg/L, max 1.32 µg/L) in the same season (Kaiser 2011).  
103 Peruzzo et al. (2008) also determined concentrations of glyphosate during rainy and dry season,  
104 but found higher concentrations in the rainy season, contrary to our results; in their study,  
105 however, it is uncommon to seed soybean in the dry season, which explains their results. We  
106 think that the higher concentrations of glyphosate found in the dry season in our study are the  
107 result of the low mobility of this herbicide due to insufficient water, since in February 2013  
108 pluvial precipitation was 16.9 mm, while in July was 248.4 mm, favoring leaching and run-off  
109 (CONAGUA 2013), and farmers do not stop using glyphosate in both seasons since they  
110 cultivate soybean all year. Some authors state that glyphosate has a limited potential to leach  
111 because this molecule attaches strongly to soil and degrades relatively rapidly (Giesy et al. 2000;  
112 Busse et al. 2001; Vereecken 2005; Cox and Sorgan 2006). However, other studies have found  
113 glyphosate in groundwater, evidencing the high mobility of this herbicide (Strange-Hansen et al.  
114 2004; Torstensson et al. 2005; Landry et al. 2005; Siimes et al. 2006). Our results support that  
115 view. In 2003 the EPA reported 1.1 µg/L of this herbicide in groundwater. In European countries  
116 as Denmark, Ukraine, Netherlands, Austria and Norway glyphosate levels in groundwater have  
117 been reported to be as low as 0.1 µg/L (Vereecken 2005). In our study, one of the groundwater  
118 samples had a concentration of 18.43 µg/L, far higher than the reported in other studies for  
119 groundwater (Vereecken 2005; Sanchís et al. 2012; Mörtl et al. 2013).

120

121 Even though all samples in our study were below Canadian (65 µg/L) and the EPA US  
122 regulations (700 µg/L) (Byer et al. 2008), they are above some European and Australian allowed  
123 concentrations (Boyd 2006). Even more important, glyphosate was found in some groundwater



124 sources for domestic use and in samples taken in protected areas, and even though glyphosate is  
125 considered non-toxic for mammals, long term exposure and synergic interactions have not been  
126 studied in detail. There is no Mexican regulation about concentration limits for this substance in  
127 the environment, an aspect that must be addressed immediatly since the area devoted to GM  
128 soybean is expected to increase in the following years.

129

### 130 **ACKNOWLEDGEMENTS**

131 To CONACYT for the scholarship granted to Jovani Ruiz-Toledo for postgraduate studies. This  
132 research was funded by CONACYT-SAGARPA Project No. 163431

133

### 134 **REFERENCES**

- 135 Abraxis LLC: Warminster PU Glyphosate HS Assay Kit 120T, PN 500084, Operating Manual.  
136 Albert L (2005) Panorama de los plaguicidas en México. *Rev Toxicol en Línea* No 1–17.  
137 Battaglin WA, Kolpin DW, Scribner EA, et al. (2005) Glyphosate, other herbicides, and  
138 transformation products in midwestern streams, 2002. *J Am Water Res Assoc* 41:323–332.  
139 Benachour N, Séralini G-E (2009) Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in  
140 human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chem Res Toxicol* 22:97–105. doi:  
141 10.1021/tx800218n  
142 Boyd DR (2006) *The Water We Drink: An International Comparison of Drinking Water*  
143 *Standards and Guidelines*, David Suzu. 34.  
144 Busse MD, Ratcliff AW, Shestak CJ, Powers RF (2001) Glyphosate toxicity and the effects of  
145 long-term vegetation control on soil microbial communities. *Soil Biol Biochem* 33:1777–  
146 1789. doi: 10.1016/S0038-0717(01)00103-1  
147 Byer JD, Struger J, Klawunn P, et al. (2008) Low cost monitoring of glyphosate in surface  
148 waters using the ELISA method: an evaluation. *Environ Sci Technol* 42:6052–7.  
149 Clegg BS, Stephenson GR, Hall JC (1999) Development of an Enzyme Linked Immunosorbent  
150 Assay for the Detection of Glyphosate. *J Agric Food Chem* 47:5031–5037. doi:  
151 10.1021/jf990064x  
152 CONABIO (2012) Resultados del Análisis de Riesgo a la solicitud 007/2012 para la liberación al  
153 ambiente de *Glycine max* (L.) Merr. genéticamente modificado MON-Ø4Ø32-6 (GTS 40-3-  
154 2). *Com. Nac. para el Conoc. y Uso la Biodivers.* 6:  
155 CONAGUA (2013) *Precipitación a nivel nacional y por entidad federativa 2013.* 1.  
156 Cox C, Surgan M (2006) Unidentified Inert Ingredients in Pesticides: Implications for Human  
157 and Environmental Health. *Environ Heal Perspec* 114:1803–1806. doi: 10.1289/ehp.9374  
158 Edwards WM, Jr T, Kramer RM (1980) A watershed study of glyphosate transport in runoff,  
159 runoff, water quality, buffer function. *J Environ Qual* 9:661–665.  
160 Evans SC, Shaw EM, Rypstra AL (2010) Exposure to a glyphosate-based herbicide affects  
161 agrobiont predatory arthropod behaviour and long-term survival. *Ecotoxicology* 19:1249–  
162 57. doi: 10.1007/s10646-010-0509-9  
163 Feng JC, Thompson DG, Reynolds PE (1990) Fate of glyphosate in a Canadian forest watershed.  
164 1. Aquatic residues and off-target deposit assessment. *J Agric Food Chem* 38:1110–1118.  
165 doi: 10.1021/jf00094a045  
166 Giesy J, Dobson S, Solomon K (2000) Ecotoxicological Risk Assessment for Roundup  
167 Herbicide. *Rev Env Contam Toxicol* 167:35–120.  
168 Kaiser K (2011) Preliminary study of pesticide drift into the Maya Mountain protected areas of  
169 Belize. *Bull Environ Contam Toxicol* 86:56–9. doi: 10.1007/s00128-010-0167-x

170 Kjaer J, Olsen P, Ullum M, Grant R (2005) Leaching of glyphosate and amino-  
171 methylphosphonic acid from Danish agricultural field sites. *J Environ Qual* 34:608–20.  
172 Landry D, Dousset S, Fournier J-C, Andreux F (2005) Leaching of glyphosate and AMPA under  
173 two soil management practices in Burgundy vineyards (Vosne-Romanée, 21-France).  
174 *Environ Pollut* 138:191–200. doi: 10.1016/j.envpol.2005.04.007  
175 Ludvigsen GH, Lode O (2001) Results from the agricultural and environmental monitoring  
176 program of pesticides in Norway 1995 – 1999. *Fresen Environ Bull* 10:470–474.  
177 Mörtl M, Németh G, Juracsek J, et al. (2013) Determination of glyphosate residues in Hungarian  
178 water samples by immunoassay. *Microchem J* 107:143–151. doi:  
179 10.1016/j.microc.2012.05.021  
180 Payne NJ (1992) Off-target glyphosate from aerial silvicultural applications, and buffer zones  
181 required around sensitive areas. *Pestic Sci* 34:1–8. doi: 10.1002/ps.2780340102  
182 Payne NJ, Feng JC, Reynolds PE (1990) Off-target deposits and buffer zones required around  
183 water for aerial glyphosate applications. *Pestic Sci* 30:183–198. doi:  
184 10.1002/ps.2780300206  
185 Peruzzo PJ, Porta A a, Ronco AE (2008) Levels of glyphosate in surface waters, sediments and  
186 soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of  
187 Argentina. *Environ Pollut* 156:61–6. doi: 10.1016/j.envpol.2008.01.015  
188 Relyea RA (2005) The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecol*  
189 *Appl* 15:1118–1124.  
190 Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, et al. (2005) Differential effects of glyphosate and roundup  
191 on human placental cells and aromatase. *Environ Heal Perspec* 113:716–20.  
192 Rubio F, Eldhuis LIJ V, Legg BSTC, et al. (2003) Comparison of a Direct ELISA and an HPLC  
193 Method for Glyphosate Determinations in Water. *J Agric Food Chem* 51:691–696.  
194 Salazar NJ, Aldana ML (2011) Herbicida Glifosato : Usos, toxicidad y regulación. *Rev Ciencias*  
195 *Biológicas y la Salud XIII*:23–28.  
196 Sanchís J, Kantiani L, Llorca M, et al. (2012) Determination of glyphosate in groundwater  
197 samples using an ultrasensitive immunoassay and confirmation by on-line solid-phase  
198 extraction followed by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Anal*  
199 *Bioanal Chem* 402:2335–45. doi: 10.1007/s00216-011-5541-y  
200 Schuette J (1998) Environmental Fate of glyphosate. *Environ. Monit. Pest Manag. Dep. Pestic.*  
201 *Regul. Sacramento, CA* 95824-5624  
202 Séralini G-E, Clair E, Mesnage R, et al. (2012) Long term toxicity of a Roundup herbicide and a  
203 Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem Toxicol* 50:4221–31. doi:  
204 10.1016/j.fct.2012.08.005  
205 Siimes K, Rämö S, Welling L, et al. (2006) Comparison of the behaviour of three herbicides in a  
206 field experiment under bare soil conditions. *Agric Water Manag* 84:53–64. doi:  
207 10.1016/j.agwat.2006.01.007  
208 Strange-Hansen R, Holm PE, Jacobsen OS, Jacobsen CS (2004) Sorption, mineralization and  
209 mobility of N-(phosphonomethyl)glycine (glyphosate) in five different types of gravel. *Pest*  
210 *Manag Sci* 60:570–8. doi: 10.1002/ps.842  
211 Struger J, Thompson D, Staznik B, et al. (2008) Occurrence of glyphosate in surface waters of  
212 Southern Ontario. *Bull Environ Contam Toxicol* 80:378–84. doi: 10.1007/s00128-008-  
213 9373-1  
214 Székács A, Darvas B (2012) Forty Years with Glyphosate. In: Hasaneen MNAE-G (ed) *Herbic.*  
215 *– Prop. Synth. Control Weeds*, 2012th ed. Rijeka, Croatia, pp 247–284



216 Torstensson L, Börjesson E, Stenström J (2005) Efficacy and fate of glyphosate on Swedish  
217 railway embankments. *J Pest Manag Sci* 61:881–6. doi: 10.1002/ps.1106  
218 Vereecken H (2005) Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Manag Sci* 61:1139–  
219 1151. doi: 10.1002/ps.1122  
220

## **2. CAPITULO FINAL**

La presencia de glifosato en los cuerpos de agua de la zona de estudio demuestra que el problema ya está en el sur de México. Los resultados encontrados proporcionan una línea base para investigaciones futuras, pues no hay estudios en el país sobre la contaminación por este herbicida y mucho menos sobre los efectos que podrían generar. Es importante que se establezcan normas que regulen la venta y aplicación de glifosato, pues no existen datos confiables sobre la venta y uso de este plaguicida, limitando nuestro conocimiento sobre su impacto ambiental. Esa misma falta de normatividad puede explicar parcialmente los resultados obtenidos, pues las concentraciones encontradas han sido superiores a las ya reportadas por otros autores (Kolpin et al. 2006; Byer et al. 2008; Peruzzo et al. 2008) e incluso superiores a los límites permisibles por las normas europeas y australianas. Es posible que en el futuro se detecte un incremento en glifosato en cuerpos de agua si no se toman medidas desde ahora, ya que se ha autorizado la siembra de 30,000 hectáreas de soya resistente a glifosato en la zona de estudio, lo que podría significar una fuente de riesgo para organismos nativos e incluso para asentamientos humanos (Dale 1997; Dale et al. 2002).

A pesar que las concentraciones encontradas no provocaron efecto agudo en las abejas estudiadas (ver anexo), es necesario analizar efectos a largo plazo ya que muchos de los plaguicidas actúan sobre el sistema inmune, volviendo a los organismos más susceptibles a sufrir efectos por otros plaguicidas e incluso más propensos a enfermedades (Samsel y Seneff 2013). El hallazgo de glifosato en agua de pozo

doméstico es alarmante, ya que estas personas están en contacto diario con el glifosato, lo que llevaría a posible toxicidad crónica y un posible aumento en la incidencia de enfermedades. Es por todo esto que es importante llevar a cabo un monitoreo constante de la presencia de glifosato no solamente en agua sino también en suelo y sedimentos, para tener mayor información sobre la distribución espacial de glifosato y las concentraciones a las cuales están expuestas los organismos, incluyendo al ser humano.

### 3. BIBLIOGRAFÍA (del capítulo introductorio y el capítulo final)

- Albert L (2005) Panorama de los plaguicidas en México. 7° Congreso de Actualización en Toxicología Clínica. Rev Toxicol en Línea 8:1–17.
- Arregui MC, Lenardón A, Sanchez D, et al. (2004) Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. Pest Manag Sci 60:163–6.
- Bindraban PS, Franke AC, Ferraro DO, Ghersa CM, et al. (2009) GM-related sustainability: agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil. Plant Research International, Wageningen University Report No 259.
- Brower LP, Taylor OR, Williams EH, Slayback DA, Zubieta RR, Ramírez MI (2012) Decline of monarch butterflies overwintering in Mexico: is the migratory phenomenon at risk? Insect Conser Diver 5: 95–100
- Byer JD, Struger J, Klawunn P, et al. (2008) Low cost monitoring of glyphosate in surface waters using the ELISA method: an evaluation. Environ Sci Technol 42:6052–7.
- CCM International (Creative Chemical Manufacturers Ltd) (2012). Outlook for China Glyphosate Industry 2012-2016. Guangzhou CCM Information Science & Technology Co., Ltd. 17th Floor, Huihua Commercial & Trade Mansion, No.80 Xianlie Zhong Road, Guangzhou 510070, China
- Dale PJ (1997) Potential impacts from the release of transgenic plants into the environment. Acta Physiol Plant 19:595–600.
- Dale PJ, Clarke B, Fontes EMG (2002) Potential for the environmental impact of transgenic crops. Nat Biotechnol 20: 567 - 574.
- Evans SC, Shaw EM, Rypstra AL (2010) Exposure to a glyphosate-based herbicide affects agrobiont predatory arthropod behaviour and long-term survival. Ecotoxicology 19:1249–57.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C (2010) Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. Science 327:812-818.
- Goulson D, Lye GC, Darvill B (2008) Decline and conservation of bumble bees. Annu Rev Entomol 53:191–208.
- Hails RS (2002) Assessing the risks associated with new agricultural practices. Nature 418:685-688

- Hanke I, Wittmer I, Bischofberger S, et al. (2010) Relevance of urban glyphosate use for surface water quality. *Chemosphere* 81:422–9.
- James C (2003) Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. /SAAA Briefs No. 30. ISAAA: Ithaca, NY.
- James C (2006) Global status of commercialized biotech/GM crops. ISAAA Briefs No. 35:ISAAA, Ithaca, NY.
- Jones DK, Hammond JI, Relyea RA (2011) Competitive stress can make the herbicide Roundup® more deadly to larval amphibians. *Environ Toxicol Chem* 30:446–54.
- Kolpin DW, Thurman EM, Lee E a, et al. (2006) Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. *Sci Total Environ* 354:191–7.
- Landry D, Dousset S, Fournier J-C, Andreux F (2005) Leaching of glyphosate and AMPA under two soil management practices in Burgundy vineyards (Vosne-Romanée, 21-France). *Environ Pollut* 138:191–200.
- Peruzzo PJ, Porta A, Ronco AE (2008) Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. *Environ Pollut* 156:61–6.
- Relyea RA (2005) The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecol Appl* 15:1118–1124.
- Riesemberg A, Silva M (2009) Nota Técnica: Reflexos Asociados ao Cultivo de Plantas Transgênicas no Estado do Paraná SEAB. Department of Agriculture and Supply in Paraná.
- Robertson GP, Swinton SM (2005) Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Front Ecol Environ* 3:38–46
- Salazar NJ, Aldana ML (2011) Herbicida Glifosato : Usos, toxicidad y regulación. *Rev Ciencias Biológicas y la Salud* XIII:23–28.

Samsel A, Seneff S (2013) Glyphosate's suppression of cytochrome P450 enzymes and amino acid biosynthesis by the gut microbiome: pathways to modern diseases. *Entropy* 15:1416–1463.

Séralini G-E, Clair E, Mesnage R, et al. (2012) Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem Toxicol* 50:4221–31.

#### **4. ANEXOS**

**Efecto de la concentración de glifosato presente en cuerpos de agua cercanos a campos de soya transgénica sobre la abeja *Apis mellifera* y la abeja sin aguijón**

***Tetragonisca angustula***

Jovani RUIZ-TOLEDO y Daniel SÁNCHEZ-GUILLÉN

Acta Zoológica Mexicana



**ACTA ZOOLOGICA MEXICANA**  
**nueva serie**

**MANUSCRITO No. AZM13-58**

Xalapa de Enríquez, Veracruz, a 10 de Julio de 2013  
Ref./AZM/195/2013

**Dr. Daniel Sánchez-Guillén**  
El Colegio de la Frontera Sur  
Tapachula, Chiapas, México

Por este conducto me es grato comunicarle que su trabajo científico titulado: “Efecto de la concentración de glifosato presente en cuerpos de agua cercanos a campos de soya transgénica sobre la abeja *Apis mellifera* y la abeja sin aguijón *Tetragonisca angustula*” elaborado por usted como autor de correspondencia junto con Jovani Ruiz-Toledo y enviado a nuestra revista *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* ha sido registrado el día de hoy con el número AZM13-58.

Su manuscrito será revisado al menos por dos árbitros y un editor asociado del Comité Editorial quienes determinarán lo más pronto posible las recomendaciones pertinentes. Para toda correspondencia futura relacionada con su manuscrito, le rogamos siempre citar el número de registro.

Agradecemos el interés y la distinción de tomar en cuenta nuestra revista para difundir los resultados de su investigación.

Atentamente,

Dr. Pedro Reyes Castillo  
Editor

**INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.**

**2.5 Antigua Carretera a Coatepec No. 351. El Haya. 91070 Xalapa, Veracruz, México**  
Tel. (228) 842-18-00 Fax. (228) 818-78-09 e-mail: [azm@ecologia.edu.mx](mailto:azm@ecologia.edu.mx)



EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE GLIFOSATO PRESENTE EN CUERPOS DE AGUA CERCANOS A CAMPOS DE SOYA TRANSGÉNICA SOBRE LA ABEJA *APIS MELLIFERA* Y LA ABEJA SIN AGUIJÓN *TETRAGONISCA ANGUSTULA*

EFFECT OF THE CONCENTRATION OF GLYPHOSATE PRESENT IN BODY WATERS NEAR TRANSGENIC SOYBEAN FIELDS ON THE HONEYBEE *APIS MELLIFERA*, AND THE STINGLESS BEE *TETRAGONISCA ANGUSTULA*

#### ABSTRACT

We evaluated the toxicity of field concentrations of glyphosate on the mortality of two bee species occurring in the Soconusco Region, Chiapas, Mexico. We found no significant difference in the mortality between exposed and control groups.

Título corto: Glifosato en campo y su efecto en abejas

## INTRODUCCIÓN

El glifosato es un herbicida sistémico de amplio espectro que se considera eficaz para controlar malezas, seguro para los usuarios y amigable con el ambiente (Battaglin *et al.* 2005, Evans *et al.* 2010, Mañas 2010). Este aminofosfonato actúa sobre la ruta del ácido shikímico, esencial para la vida de las plantas, algunas bacterias y hongos (Schuette 1998, Dill *et al.* 2010), por lo que se considera de baja toxicidad para los animales. Por ello, su uso a nivel mundial ha ido en aumento. Sin embargo, estudios recientes demuestran que el uso cada vez más intensivo de este herbicida, favorecido por la introducción de cultivos transgénicos resistentes a glifosato, puede ser la causa de potenciales efectos perjudiciales y graves afectaciones en la reproducción en organismos acuáticos, anfibios y aves, así como de una grave disminución en la diversidad de insectos (Evans *et al.* 2010, Mört *et al.* 2012, Sanchís *et al.* 2011). Por ejemplo, las abejas y otros polinizadores pueden encontrar menos recursos debido al efecto de glifosato en plantas no blanco (Nicholls & Altieri 2012), o bien al entrar en contacto directo con el herbicida al consumir agua, néctar o polen contaminado, provocando efectos subletales desconocidos. Sin embargo, se han realizado pocos estudios en los que se ha medido el efecto del glifosato en abejas expuestas de manera oral y tópica a concentraciones de 100 ug/abeja y >100 ug/abeja, respectivamente, no observándose efecto agudo alguno (Giesy *et al.* 2000). Sin embargo, el año pasado se extendieron permisos para cultivar 253 mil 500 hectáreas de soya transgénica en México, lo que implica el uso anual de grandes cantidades de glifosato aunado a lo que se usa para otros cultivos (CONABIO 2012). De esta forma insectos como las abejas podrían estar expuestas a mayores concentraciones de glifosato que las encontradas en otros estudios (Peruzzo *et al.* 2008, Sanchís *et al.* 2011, Mört *et al.* 2012), y cuyos efectos no se habrían evaluado. Así, el objetivo del presente trabajo fue determinar la toxicidad oral de glifosato en dos especies de abejas de importancia económica y cultural, *Apis mellifera* L. y *Tetragonisca angustula* Latreille, usando la concentración más elevada de este herbicida encontrada en cuerpos de agua en zonas agrícolas dedicadas al cultivo de soya transgénica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en zonas soyeras de la ciudad de Tapachula, Chiapas, México. En el mes de febrero de 2013 se colectaron muestras de diversos cuerpos de agua y se determinaron las concentraciones de glifosato usando un kit de inmunoensayo ultrasensible validado con HPLC (Sanchís *et al.* 2011, Mört *et al.* 2012) en cuerpos de agua cercanos a zonas de cultivo de soya transgénica resistente a glifosato (ASGROW, solución Faena). Las pruebas de toxicidad oral (usando como vehículo algodón embebido en solución de agua-miel, 1:1), se realizaron en los meses de abril y mayo de 2013 con forrajeras de las abejas *A. mellifera* y *T. angustula*. Estos algodones eran colocados dentro de un recipiente que se tapaba cuando se tenían suficientes abejas (> 20 abejas) consumiendo la solución. Para el caso de los controles se usó solamente la solución agua-miel; para la exposición oral, se usó una solución que contenía agua-miel-glifosato, a una concentración de 400 ug/L de glifosato (aproximadamente 10 veces mayor a la máxima concentración encontrada en campo, 36ug/L). Una vez capturadas las abejas, se removió el algodón con la solución y se llevaron a laboratorio donde se observó su mortalidad cada hora durante 24 horas, sin alimentación. Se realizaron 5 repeticiones para ambas especies (*A. mellifera*: 75 abejas control y 109 abejas expuestas; *T. angustula*: 102 abejas control y 104 abejas expuestas). En el caso de *A. mellifera* se observó que las abejas de ambos grupos morían antes de las 8 horas, por lo que se decidió realizar otro experimento para determinar si la mortalidad observada era por inanición; en este caso se capturaron 100 abejas de esta especie, 50 abejas control (agua-miel) y 100 abejas expuestas (agua-miel-glifosato 400 ug/L), y se les permitió alimentarse con las soluciones respectivas durante las 72 horas que duraría el experimento. Finalmente, debido a que se observó un patrón similar de mortalidad en ambos grupos en estos experimentos, se atraparon 20 abejas más de ambas especies y se les alimentó con agua-miel a una concentración de glifosato de 178 g/L, que representa la mitad de la concentración a la cual se vende en el mercado. Estas abejas fueron llevadas al laboratorio donde se observó su mortalidad cada hora durante 24 horas, sin alimentación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las abejas de los grupos control y expuesto de *A. mellifera* murieron antes de las 8 horas de exposición. No se encontró diferencia significativa en el patrón de mortalidad en ambos grupos ( $\chi^2= 2.1108$ , GL= 5, P = 0.8336, Gráfica 1). Para *T. angustula* no se observó muerte a las 24 horas en ninguno de los dos grupos (Gráfica 1), por lo que no se aplicaron análisis estadísticos. Los resultados del experimento de inanición mostraron que la mortalidad observada en el experimento anterior se explica por la falta de alimento, ya que no se observó mortalidad ni en el grupo control ni en el expuesto a las 72 horas. Sin embargo, el panorama es muy diferente cuando las abejas *A. mellifera* consumieron glifosato a 178 g/L, pues se observaron abejas expuestas muertas a partir de los 44 minutos, en contraste con las abejas control, que empezaron a morir a las 3 horas; a la tercera hora ya no se observaban abejas expuestas vivas, en tanto que fue hasta la séptima hora que se observaron abejas control vivas (Gráfico 2). En cambio para *T. angustula* los controles murieron a partir de las 30 horas y hasta las 48 horas, pero las abejas expuestas siguieron un patrón similar al de *A. mellifera* en este experimento (Gráfico 2). Nuestros resultados muestran que las concentraciones de glifosato encontradas en la zona de estudio no generan ningún efecto de mortalidad a corto plazo, confirmando la no toxicidad que reporta la FAO (2000) y la baja toxicidad reportada por Schuette (1988) y Giesy et al. (2000), incluso a altas concentraciones como las evaluadas en el presente estudio. Además es importante resaltar las diferencias que se observaron en los patrones de mortalidad de las dos especies estudiadas en el presente trabajo, lo que sugiere la importancia de realizar estudios de impacto en insectos polinizadores no blanco diferentes a *Apis*, ya que en este caso es una especie introducida en el sitio de estudio y, de acuerdo a nuestros resultados, no representativa, desde un punto de vista ecotoxicológico, del gremio al que pertenece.

## LITERATURA CITADA

Battaglin, W.A., D.W Kolpin, E.A.Scribner, K.M. Kuivila & M.W Sandstrom. 2005. Glyphosate, other herbicides, and transformation products in midwestern streams. *Journal of the American Water Resource Association* (JAWRA), 41(2): 323–332.

CONABIO. 2012. Resultados del análisis de riesgo a la solicitud 007/2012 para la liberación al ambiente de *Glycine max* (L.) Merr. genéticamente modificado MON-Ø4Ø32-6 (GTS 40-3-2). Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/Rec\\_007\\_2012\\_Conabio.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/Rec_007_2012_Conabio.pdf) Fecha de acceso: 15/junio/2013

Dill, G.M., R.D. Sammons, P.C.C. Feng, F. Kohn, K. Kretzmer, A. Mehrsheikh, M. Bleeke, J.L. Honegger, D. Farmer, D.Wright & E.A. Haupfear. 2010. Glyphosate: discovery, development, applications, and properties, en: V.K. Nandula (Ed.), *Glyphosate Resistance in Crops and Weeds: History, Development, and Management*, Wiley, Hoboken, NJ, USA. pp. 1–33.

Evans, S.C., E.M. Shaw, A.L. Ripstra. 2010. Exposure to a glyphosate-based herbicide affects agrobiont predatory arthropod behaviour and long-term survival. *Ecotoxicology*, 19:1249–1257.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2000. FAO specifications and evaluations for plant protection products. Glyphosate. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agp/agpp/pesticid/specs/docs/pdf/new/glypho01.pdf> Fecha de acceso: 17/Junio/2012

Giesy J.P., S. Dobson, K.R. Solomon. 2000. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 167: 35–120.

Mañas, F. 2010. Efectos de Glifosato sobre la salud. Genotoxicidad de Glifosato y su principal metabolito AMPA. Cuantificado por los ensayos de aberraciones cromosómicas, micronúcleos y cometa. Globalizate. Argentina. Disponible: <http://www.reduas.fcm.unc.edu.ar/wp-content/uploads/downloads/2011/09/Glifosato-X-MA%C3%91AS-globalizate.pdf> Fecha de acceso: 18/06/2013

- Mörtl, M., G. Németh, J. Juracsek, B. Darvas, L. Kamp, F. Rubio & Székács, A. 2012. Determination of glyphosate residues in Hungarian water samples by immunoassay. *Microchemical Journal*, (2013) 143–151
- Nicholls C. L. & M. A. Altieri. 2012. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33:257–274
- Peruzzo, P., A. Porta, A. Ronco. 2008. Levels of Glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. *Environmental Pollution*, 156: 61-66.
- Sanchís, J., L. Kantiani, M. Llorca, F. Rubio, A. Ginebreda, J. Fraile, T. Garrido, & M. Farré. 2011. Determination of glyphosate in groundwater samples using an ultrasensitive immunoassay and confirmation by on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402:2335-2345
- Schuette, J. 1998. Environmental fate of glyphosate. *Environmental Monitoring & Pest Management*. Department of Pesticide Regulation Sacramento. CA 95824-5624. Disponible: <http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/fatememo/glyphos.pdf> Fecha de acceso: 16/062013

## AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT y a la SAGARPA por financiar el proyecto “Validación y desarrollo de tecnología para el manejo integral de mosca de la fruta en mango con enfoque en aéreas grandes” (proyecto 24031, clave 163431) del cual se desprende el presente estudio.

Jovani RUIZ-TOLEDO y Daniel SÁNCHEZ-GUILLÉN\*

El Colegio de la Frontera Sur - Km 2.5 carretera Antiguo Aeropuerto, 30700 Tapachula, Chiapas,  
México. Correo electrónico: dsanchez@ecosur.mx

## LEYENDA DE GRAFICOS

**Gráfico 1.** Comportamiento de mortalidad en abejas *Apis mellifera* y *Tetragonisca angustula* control y expuestas a una concentración de 400 ug/L en 24 horas. Se muestran solo las primeras 7 horas debido a que el total de abejas de *Apis mellifera* murió hasta ese tiempo y *Tetragonisca angustula* no presentó mortalidad. EXP Apis: Expuestas *Apis mellifera*, CNTRL Apis: Control *Apis mellifera*, EXP Tetra: Expuestas *Tetragonisca angustula*, CNTRL Tetra: Control *Tetragonisca angustula*

**Gráfico 2.** Comportamiento de mortalidad en abejas *Apis mellifera* y *Tetragonisca angustula* control y expuestas a la mitad de la concentración comercial en 24 horas. Se muestran solo las primeras 8 horas debido a que el total de las abejas de ambas especies se encontraban muertas. EXP Apis: Expuestas *Apis mellifera*, CNTRL Apis: Control *Apis mellifera*, EXP Tetra: Expuestas *Tetragonisca angustula*, CNTRL Tetra: Control *Tetragonisca angustula*



## GRÁFICOS

Gráfico 1.

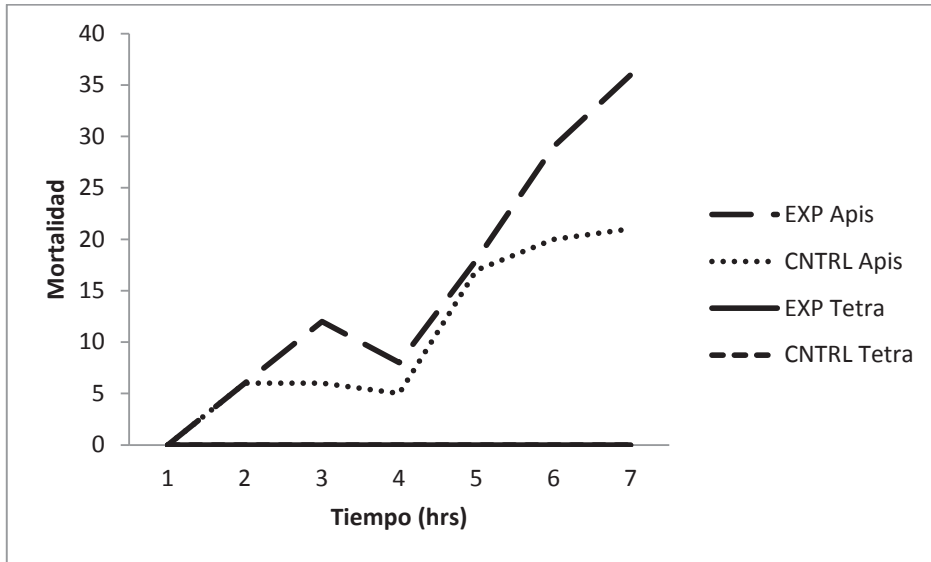


Gráfico 2.

