

Evaluación de la toxicidad del Roundup en la germinación de semillas de maíz (*Zea mays*)

Evaluation of the toxicity of Roundup in the germination of the seeds of corn (*Zea mays*)

COLCIENCIAS TIPO 1. ARTÍCULO ORIGINAL

RECIBIDO: FEBRERO 6, 2015; ACEPTADO: MARZO 18, 2015

Pilar Cogua Romero, Dra. Sci.Bio.
rosa.cogua00@usc.edu.co

Guillermo Duque Nivia PhD.
gduquen@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira

Resumen

El glifosato Roundup es uno de los herbicidas más utilizados en agricultura. Se ha demostrado que este agroquímico puede causar efectos negativos sobre algunas especies vegetales que no son el objetivo de su aplicación. Para determinar su efecto toxicológico se llevó a cabo un experimento con semillas de maíz (*Zea mays*). Se determinó la dosis media letal (LD_{50}) y la concentración a la que el glifosato empieza a inhibir la germinación. Un total de 600 semillas se expusieron a seis diluciones de glifosato comercial, Roundup de Monsanto (0.05 $\mu\text{l/ml}$, 0.50 $\mu\text{l/ml}$, 5 $\mu\text{l/ml}$, 15 $\mu\text{l/ml}$, 50 $\mu\text{l/ml}$ y 230 $\mu\text{l/ml}$). La inhibición de la germinación respecto al control se presentó a partir de diluciones superiores a 0.5 $\mu\text{l/ml}$ de Roundup. Los resultados de este experimento indican que concentraciones muy bajas pueden causar efectos sobre especies no objetivo del uso. Se determinó una LD_{50-96} 25.21 $\mu\text{l/ml}$. El análisis de Anova mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los datos sugieren una alta correlación entre la dosis y el efecto ($r=0.86$). Los resultados sustentan que la fórmula comercial del glifosato, incluso a bajas concentraciones, puede ocasionar efectos sobre especies vegetales no objetivo.

Palabras clave

Glifosato; LD_{50} ; estudio in vitro; inhibición.

Abstract

The glyphosate Roundup is one of the agriculture most used herbicides in monocultures. Nowadays it has been demonstrated that this agrochemical may cause negative effects on some vegetative species that are not actually its target application. In order to determine its toxicological effect, an experiment with corn seeds (*Zea mays*) was performed. The half lethal doses (LD_{50}) was determined, as well as the concentration that the glyphosate starts to inhibit the germination. A total of 600 seeds were exposed to six dilutions of commercial glyphosate, Monsanto's Roundup (0.05, 0.5, 5, 15, 50 y 230 $\mu\text{l/ml}$). The germination inhibition according with the control was presented since the dilutions that were greater than 0.5 μl of Roundup. The results of this experiment indicated that very low concentrations of Roundup may cause effects on non-target species. A $LD_{50-96} = 25.21\mu\text{l/ml}$ was determined, and according with the ANOVA there were significant differences between treatments ($p<0.05$). The data suggested a high correlation between the doses and the effect ($r=0.86$). These results sustain that commercial formulas of glyphosate, even at low concentrations may occasion adverted effects on non-target agriculture species.

Keywords

Zea mays; glyphosate; inhibition germination; LD_{50} .

Este trabajo es el resultado del proyecto de investigación Efectos de la aplicación de glifosato sobre el crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays*) en parcelas experimentales [código 11CDIPALTG02], financiado por la Universidad Nacional de Colombia, realizado con la colaboración del grupo de investigación Ecología y Contaminación Acuática, de la Universidad Nacional de Colombia. Los autores agradecen a la División de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, por el apoyo económico para la realización de este estudio; de igual manera, al Laboratorio de Análisis Ambiental y al grupo Ecología y Contaminación Acuática, por el apoyo para esta investigación.

I. INTRODUCCIÓN

El glifosato [N-(fosfonometil) glicina] es muy utilizado en agricultura para controlar malezas por ser un herbicida sistémico que actúa en postemergencia, no selectivo, de amplio espectro; controla plantas no deseadas, como pastos anuales y perennes, hierbas de hoja ancha y especies leñosas. Su nombre comercial más común es Roundup (Woodburn, 2000; Blackburn & Boutin, 2003; Duke & Powles, 2008). En Colombia el glifosato tiene un uso muy amplio en la agricultura; se usa también como desecante de granos y como madurante en la caña de azúcar mediante aplicación aérea (Buitrago & Gómez, 2007). Un pequeño porcentaje (10-14 %) se usa en los programas de erradicación de cultivos ilícitos (Solomon, Anadón, Cerdeira, Marshal, & Sanín, 2005). Su uso afecta otros cultivos y especies silvestres; no se han hecho muchos estudios profundos en Colombia sobre sus verdaderos impactos sobre el ambiente o la población humana (Idrovo, 2004).

La compañía productora del Roundup, de nombre Monsanto, asegura que el uso de glifosato no es peligroso ni trae consecuencias graves sobre el medio ambiente o la salud humana; por este motivo el uso de este herbicida aumentó de manera importante entre 1986 y 1996 en Estados Unidos. De igual manera en Europa incrementó entre 1991 y 1995 en un 129 % (Gianessi, 2005). Sin embargo, varias investigaciones realizadas sobre los posibles efectos del uso de glifosato muestran posibles riesgos en la salud humana y el ambiente por el uso de herbicidas que contengan glifosato (Vidal, Trezzi, De-Prado, Ruiz-Santaella, & Vila-Aiub, 2007). De esta manera en los últimos años el uso indiscriminado de esta sustancia se ha convertido en un problema que genera mayores gastos para los campesinos, un desequilibrio ecológico de los ecosistemas y un posible riesgo para la salud humana expuesta al glifosato; afecta también cultivos de pequeños agricultores como plátano, frutales, pepino, frijol, tomate, uva, maíz. Este último es de gran importancia en la canasta familiar de las familias colombianas, por lo cual amenaza la seguridad y la soberanía alimentaria (Idrovo, 2004; Nivia, 2007; Varona et al., 2009).

En las investigaciones sobre maíz resaltan las encaminadas a determinar el mejor rendimiento y viabilidad de la semilla mediante pruebas enzimáticas. Estas pruebas determinan variables como el envejecimiento sobre la calidad de la semilla y cómo factores externos pueden inhibir la producción enzimática.

Las investigaciones realizadas sobre efectos del glifosato comercial (Roundup) se han enfocado generalmente en qué tan efectivo es este herbicida para controlar malezas o qué consecuencias tiene este contaminante sobre las plantas genéticamente modificadas (Johal & Huber, 2009); también sobre procesos de lixiviación y escurrimiento de glifosato hacia aguas superficiales (Elliot, Cesna, Best, Nicholaichuk, & Tollefson, 2000; Gómez, 2005). Aunque se han realizado estudios sobre efectos tóxicos en plantas que puedan verse afectadas por los diferentes usos de este contaminante (Bott et al., 2008; 2011; Travlos & Chachalis, 2013), son pocas las investigaciones en Colombia sobre los verdaderos efectos tóxicos del glifosato sobre la germinación de semillas.

Por lo anterior se analizó el efecto del glifosato comercial en la germinación y desarrollo de semillas de maíz (*Zea mays*) en condiciones de laboratorio.

II. MÉTODOS Y MATERIALES

Prueba de germinación

El estudio se realizó en el laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Para el ensayo se utilizaron semillas de maíz (*Zea mays*) variedad ICA V109. Se realizó la prueba de germinación colocando diez cajas Petri, cada una con cinco semillas, sobre filtros Whatman. Posteriormente se adicionaron 5 ml de agua con una pipeta volumétrica. Se dejaron en oscuridad y a temperatura constante por tres días.

Prueba de actividad enzimática

Se realizó la prueba de actividad enzimática o vigor mediante el test de tetrazolio de acuerdo con la metodología propuesta por Salinas, Yoldjian, Craviotto, y Bisaro (2001). Se utilizaron 50 semillas, las cuales se envolvieron en papel de germinación humedecido y se colocaron en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad; se mantuvieron a temperatura constante (25 °C) por un período de 16 horas. Posteriormente las semillas se colocaron en la solución de tetrazolio (1 %) y se llevaron a la estufa por 2 horas y 30 minutos a una temperatura de 35 °C. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se lavaron con agua para la evaluación de la viabilidad.

Prueba de toxicidad

Para la prueba de toxicidad se usó Roundup comercial Monsanto, que tiene una concentración de 363 g/l de

glifosato, equivalente a 446 g/l de sal potásica de N-fosfonometil, a una temperatura no mayor a 20 °C. Se usó un diseño experimental completamente al azar de 7 x 10, con 7 tratamientos cada uno con 10 réplicas y cada replica con 10 semillas (700 semillas en total). Se aplicaron 5 ml de las siguientes diluciones de la fórmula comercial de Roundup: 0 µl/ml (control), 0.05 µl/ml, 0.50 µl/ml, 5 µl/ml, 15 µl/ml, 50 µl/ml y 230 µl/ml. En el tratamiento control se aplicó 5 ml de agua destilada. Todas las unidades experimentales se dejaron en oscuridad y a temperatura constante durante tres días.

Inhibición de la germinación

Se determinó la inhibición de la germinación de acuerdo con la metodología propuesta por Osorio, Arango, y Hurtado (2012), aplicando la Ecuación 1.

$$\% \text{inhibición} = \left(\frac{1 - \# \text{ de semillas germinadas en el tratamiento } i}{\# \text{ de semillas germinadas en el control}} \right) * 100 \quad (1)$$

Análisis estadístico

Para determinar la dosis media letal a 96 horas LD₅₀₋₉₆, se calculó el valor Probit. Se estableció la regresión lineal entre el efecto y las dosis aplicadas. Se realizó un Anova a una vía con un nivel confianza del 95 % entre las dosis y el efecto. Para estos análisis se utilizó el software estadístico BioStat 2009.

III. RESULTADOS

Prueba de germinación y enzimática

Las pruebas de germinación y actividad enzimática evidenciaron que las semillas utilizadas en este experimento tienen un porcentaje de germinación del 90 %. Este resultado valida el uso del lote de semillas para determinar efectos en la germinación.

Inhibición de la germinación

La determinación del porcentaje de inhibición muestra que a partir de concentraciones superiores a 5 µl/ml ya se hacen evidentes los efectos sobre el proceso de germinación de las semillas de maíz; se afecta a más del 5 % de las semillas (Tabla 1).

Los resultados evidencian un incremento en el porcentaje de inhibición cuando aumenta la concentración de glifosato. Los datos muestran una correlación fuerte ($r=$

0.86) entre la dosis de glifosato y la inhibición de la germinación (Tabla 2).

Tabla 1. Porcentaje de inhibición de la germinación de semillas de maíz para cada dilución de glifosato

Dilución (µl/ml)	Concentración µg/µl	Inhibición (%)
0.05	0.000363	2.04
0.5	0.00363	4.08
5	0.0363	5.1
15	0.1089	11.22
50	0.363	75.51
230	3.63	100

Tabla 2. Regresión lineal de las dosis de glifosato vs germinación de semillas de maíz

Estadísticos de regresión	Valor
R	0.86
R cuadrado	0.745112369
R cuadrado ajustado	0.740717754
S	42.23745457
Número total de casos	60
Dosis =	11,5736 + 18,0484 * efecto

Prueba Probit

Para establecer la letalidad del glifosato sobre las semillas de maíz se usó el análisis Probit, en que se determinó la dilución media letal a 96 horas (LD₅₀₋₉₆) con un valor de 25.21 µl/ml, lo que demuestra que a muy bajas concentraciones el glifosato inhibe los procesos fisiológicos de las semillas de maíz (Figura 1, Tabla 3). El análisis indica que la dosis más baja que podría inhibir la germinación de las semillas (LCL) es de 0.87 µl/ml.

Figura 1. Relación dosis-respuesta mediante análisis Probit. Los valores de la dilución están representados con el log₁₀

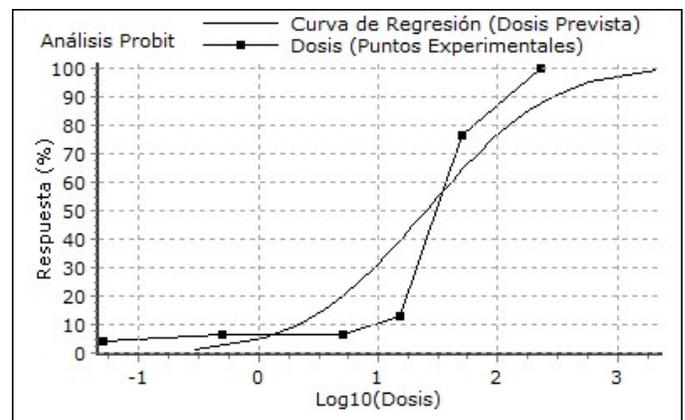


Tabla 3. Determinación de LD₅₀ mediante el análisis Probit para glifosato en semillas de maíz

Análisis Probit - Método Finney [Distribución Lognormal]							
Log10[Dosis (Estímulo)]	Porcentaje actual	Porcentaje Probit	N	R	E(R)	Diferencia	Chi cuadrado
-1,301029996	0,04	0,000546631	100	4	0,054663114	3,945336886	284,7566126
-0,301029996	0,06	0,019836707	100	6	1,983670749	4,016329251	8,131843789
0,698970004	0,06	0,197975283	100	6	19,79752825	-13,79752825	9,615937074
1,176091259	0,13	0,392660954	100	13	39,26609539	-26,26609539	17,57006293
1,698970004	0,76	0,640344953	100	76	64,03449529	11,96550471	2,235877747
2,361727836	0,9975	0,877008637	100	99,75	87,70086369	12,04913631	1,655419111

Chi cuadrado 323,96575 Grados de libertad 4 nivel p≤0,005 Nivel del intervalo de confianza 0,05

Percentil	Probit (Y)	Log10[Dosis (Estímulo)]	Error estándar	Dosis (Estímulo)	Error estándar
1	2,673214667	-0,524205733	-0,297555074	0,299084748	-0,221329375
5	3,35478856	0,0398913	-0,040495691	1,096203792	-0,10236346
10	3,718271243	0,340723691	-0,178820264	2,19141026	-0,92802357
16	4,005578186	0,578510078	-0,228656568	3,788873259	-2,088295271
20	4,158543283	0,705109935	-0,246656072	5,071190616	-3,037521268
25	4,32581086	0,843547081	-0,261533848	6,975046072	-4,458922522
30	4,47599813	0,9678479	-0,271277104	9,286410979	-6,185288445
40	4,747066732	1,192194807	-0,28130976	15,5666373	-10,80315937
50	5	1,401532206	-0,282608782	25,20764103	-17,58581752
60	5,252933268	1,610869605	-0,276248947	40,81968084	-27,75154533
70	5,52400187	1,835216511	-0,260279753	68,42526869	-43,50774211
75	5,67418914	1,959517331	-0,246736217	91,09978053	-54,58617626
80	5,841456717	2,097954476	-0,22683034	125,3009824	-68,460528
84	5,994421814	2,224554333	-0,202953559	167,7082138	-81,25694614
90	6,281728757	2,462340721	-0,132958029	289,9617557	-90,16417842
95	6,64521144	2,763173111	-0,141399187	579,6597047	-192,0797842
99	7,326785333	3,327270144	-0,338373208	2124,565595	-1827,953293

LD50	25,20764103	Beta	1,208256475	LD50 UCL	729,8173986
LD50 LCL	0,87066322	Beta Error Estándar	0,915809757	Error Estándar	0,52654251
Log10[LD50]	1,401532206	LD50 Error Estándar	38,61927703	Intercepto	3,306589638

Tabla 4. Análisis Anova de los efectos del glifosato sobre la germinación de las semillas de maíz

	d.f.	SS	MS	F	nivel p
Regresión	1	302479,8719	302479,872	169,551254	7,05E-19
Residuo	58	103472,149	1784,00257		
Total	59	405952,0208			

	Coefficientes	Error estándar	LCL	UCL	Estadístico t	nivel p
Intercepto	-11,57357085	7,222244925	-26,0304648	2,88332309	-1,602489388	0,114480172
efecto	18,0483622	1,386076803	15,273828	20,8228964	13,0211848	7,05E-19
T (5%)	2,001717484					

LCL - Valor inferior de un intervalo de confianza (LCL)
 UCL - Valor superior de un intervalo de confianza (UCL)

El análisis estadístico Anova (Tabla 4) confirma que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.005$), lo que demuestra que existen diferencias en el efecto del glifosato sobre la germinación de las semillas de maíz entre concentraciones menores a 5 $\mu\text{l/ml}$ y superiores a 15 $\mu\text{l/ml}$.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Diferentes estudios afirman que el uso de herbicidas como el glifosato no causa efectos significativos en las plantas de maíz porque no alteran su crecimiento ni su rendimiento; sin embargo, estos estudios se realizan con plántulas para medir diferencias en el crecimiento (Njiti, Myers, Schroeder, & Lightfoot, 2003; Baley, Campbell, Yenish, Kidwell, & Paulitz, 2009; Camberato et al., 2011). El presente estudio es el primer reporte sobre efectos en la germinación.

Por otro lado, algunos autores concluyen que el uso de glifosato incrementa la susceptibilidad a enfermedades en las plantas, así como desórdenes biológicos y fisiológicos (Babiker, Hulbert, Schroeder, & Paulitz, 2011; Larson et al., 2006; Means & Kremer, 2007). Los porcentajes de inhibición obtenidos en este ensayo muestran que sí se producen efectos fisiológicos por el uso de glifosato en semillas de maíz.

Existen diferentes investigaciones que soportan este tipo de resultados. Se ha demostrado que el glifosato causa diferentes efectos sobre hierbas y semillas (Clay & Griffin, 2000; Bennet & Shaw, 2000; Gressel, 2010). Sin embargo, estos resultados son controvertidos, por la existencia de diferentes estudios que afirman lo contrario, argumentando que el glifosato no genera efectos significativos en el desarrollo o rendimientos de las plantas (Blackburn & Boutin, 2003; Neve, Sadler, & Powles, 2004; Glaspie et al., 2011).

V. REFERENCIAS

- Babiker, E.M., Hulbert, S. H., Schroeder, K. L., & Paulitz, T.C. (2011). Optimum timing of preplant applications of glyphosate to manage Rhizoctonia root rot in barley. *Plant Disease*, 95, 304-310
- Baley, G.J., Campbell, K.G., Yenish, J., Kidwell, K.K., & Paulitz, T.C. (2009). Influence of glyphosate, crop volunteer and root pathogens on glyphosate-resistant wheat under controlled environmental conditions. *Pest Management Science*, 65, 288-29.
- Bennett, A.C. & Shaw, D.R. (2000). Effects of preharvest desiccants on Group IV *glycine max* seed viability. *Weed Science*, 8, 426-30.
- Blackburn, L.G. & Boutin, C. (2003). Subtle effects of herbicide use in the context of genetically modified crops: A case study with Glyphosate (Roundup). *Ecotoxicology*, 12, 271-285.
- Bott, S., Tesfamariam, T., Candan, H., Cakmak, C., Römheld, V., & Neumann, G. (2008). Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). *Plant and Soil*, 312, 185-194.
- Bott, S., Tesfamariam, T., Kania, A., Eman, B., Aslan, N., Römheld, V., & Neumann, G. (2011). Phytotoxicity of glyphosate soil residues re-mobilised by phosphate fertilisation. *Plant and soil*, 342, 249-263.
- Buitrago, C.A., & Gómez, M.L. (2007). *Uso aparente de plaguicidas en Colombia durante los años 2004-2007*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Disponible en <http://cep.unep.org/repcar.png/informacion-de-paises/colombia-1/COL%20importacion%20y%20exportacion%202004-2007.pdf>
- Camberato, J., Casteel, S., Goldsbrough, P., Johnson, B., Wise, K., & Woloshuk, C. (2011, Feb.). Glyphosate's Impact on Field Crop Production and Disease Development. Purdue Extension. *Weed Science* [on line]. Recuperado de <http://www.btny.purdue.edu/weedscience/2011/glyphosatesimpact11.pdf>
- Clay, P.A., & Griffin, J.L. (2000). Weed seed production and seeding emergence responses to late-season glyphosate applications. *Weed Science*, 48, 81-6.
- Duke, S.O. & Powles, S.B. (2008). Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*, 64, 319-325.
- Elliott, J.A., Cesna, A.J., Best, K.B., Nicholaichuk, W., & Tollefson, L.C. (2000). Leaching rates and preferential flow of selected herbicides through tilled and untilled soil. *Journal of Environmental Quality*, 29, 1650-1656.
- Gianessi, L.P. (2005). Economic and herbicide use impacts of glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science*, 61, 241-245.
- Glaspie, C.F., McCordick, S.A., Dietz, T.S., Kells, J.J., Leep, R.H., & Everman, W.J. (2011). Effect of seeding rate and weed control on glyphosate-resistant alfalfa establishment. *Weed Technology*, 25(2), 230-238.
- Gómez, R. (2005). Efecto del control de malezas con Paraquat y Glifosato sobre la erosión y pérdida de nutrientes del suelo en café. *Agronomía Mesoamericana*, 16, 77-87.
- Gressel, J. (2010). Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. *Pest Management Science*, 67, 253-257.
- Idrovo, A.J. (2004). Plaguicidas usados en la fumigación de cultivos ilícitos, y salud humana: una cuestión de ciencia o política? *Revista de Salud pública*, 6(2), 199-211.
- Johal, G. S. & Huber, D.M. (2009). Glyphosate effects on disease lesions of plants. *European Journal of Agronomy*, 31, 144-152.
- Larson, R.L., Hill, H.L., Fenwick, A., Kniss, A.R., Hanson, L.E., Miller, S.D. (2006). Influence of glyphosate on Rhizoctonia and Fusarium root rot in sugar beet. *Pest Management Science*, 62, 1182-1192.
- Means, N.E., & Kremer, R.J. 2007. Influence of soil moisture on root colonization of glyphosate-treated soybean by Fusarium species.

- Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 1713-1720.
- Neve, P., Sadler, J., & Powles, S.B. (2004). Multiple herbicide resistance in a glyphosate-resistant rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) population. *Weed Science*, 52(6), 920-928.
- Nivia, E. (2007). *Efectos sobre la salud y el ambiente de herbicidas que contienen glifosato* [en línea]. Recuperado de <http://www.glifocidio.org/docs/impactos%20generales/ig1.pdf>
- Njiti, V.N., Myers, O., Schroeder, D., & Lightfoot, D.A. 2003. Roundup ready soybean: glyphosate effects on *Fusarium solani* root colonization and sudden death syndrome. *Agronomy Journal*, 95, 1140-1145.
- Osorio, O., Arango, O., & Hurtado, A. (2012). Inhibición de la germinación de cuatro materiales de arveja (*Pisum sativum*), mediante luz ultravioleta tipo C. *Vitae*, 19, 63-65.
- Salinas, A.R., Yoldjian, A.M., Craviotto, R.M., & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, 371-379.
- Solomon, K.R., Anadón, A., Cerdeira, A.L., Marshal, J., & Sanín, L.H. (2005). *Estudio de los efectos del Programa de Erradicación de Cultivos Ilícitos mediante la aspersión aérea con el herbicida Glifosato (PECIG) y de los cultivos ilícitos en la salud humana y en el medio ambiente* [Informe preparado para la Comisión Interamericana para el Control del Abuso de Drogas]. Washington DC.: CIDAC.
- Travlos, I.S. & Chachalis, D. (2013). Relative competitiveness of glyphosate-resistant and glyphosate-susceptible populations of hairy fleabane, *Conyza bonariensis*. *Journal of Pest Science*, 86, 345-351.
- Varona, M., Henao, G., Díaz, S., Lancheros, A., Murcia, A., Rodríguez, N., & Álvarez, V. H. (2009). Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica*, 29(3), 456-75.
- Vidal, R. A., Trezzi, M. M., De Prado, R., Ruiz-Santaella, J. P., & Vila-Aiub, M. (2007). Glyphosate resistant biotypes of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla* L.) and its risk analysis on glyphosate-tolerant soybeans. *Journal Food, Agriculture & Environment*, 5(2), 265-269.
- Woodburn, A.T. (2000). Glyphosate: production, pricing and use worldwide. *Pest Management Science*, 56, 309-312.

CURRÍCULUM VITAE

Pilar Cogua Romero. Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia, con Doctorado en Ciencias-Biología en la línea de Biología Marina de la Universidad Nacional de Colombia. Fue la directora de la Red de acción ambiental RAPALMIRA y profesora de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Actualmente es profesora de la Universidad Santiago de Cali. Trabaja en las líneas de investigación ecotoxicología, ecología de la conservación y educación ambiental.

Guillermo Duque Nivia. Biólogo con énfasis en Biología Marina de la Universidad del Valle, con maestría en Biología Marina de la Universidad Nacional de Colombia y Doctorado en Oceanografía y Ciencias Costeras de la Universidad de Luisiana (Louisiana State University). Coordinó el programa de Biodiversidad Marina (BEM) del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). Actualmente es profesor titular de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Trabaja en las líneas de investigación de ecología de ecosistemas, ecología de la conservación y ecología trófica.