

Efecto fitotóxico de quinolonas sobre desarrollo de semillas *Beta vulgaris* var. *cicla*

Althaus R, Martino T, Verdaro B, Candiotti V, Nagel O.

Cátedra de Biofísica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Litoral,
R.P.L. Kreder 2805 - (3080). Esperanza, Santa Fe, Argentina. ralthaus@fcv.unl.edu.ar

Las quinolonas son antimicrobianos sintéticos de amplio espectro que actúan inhibiendo las ADN girasas y topoisomerasas presentes en los microorganismos. Estas moléculas se metabolizan de diferente forma y sus metabolitos pueden excretarse en las heces, orina y leche representando un riesgo para las cuencas acuíferas debido a la elevada termoestabilidad, baja biodegradabilidad, posible concentración en el tiempo e impacto negativo sobre la calidad del agua. En efecto, las quinolonas, pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas cercanas a lagunas de almacenamiento de efluentes de establecimientos ganaderos y persistir en los sistemas acuáticos pudiendo fijarse a vegetales e incorporarse a la cadena alimentaria, pudiendo llegar finalmente al consumidor.

Para evaluar el riesgo ecológico de las quinolonas en agua se utilizan pruebas de fitotoxicidad que incluyen mediciones en la frecuencia de germinación y elongaciones de la radícula e hipocótilo de plantas terrestres, debido a que las raíces representan el primer contacto con el medio expuesto y los contaminantes pueden ingresar a las plantas a través de ellas.

Por todo ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar la fitotoxicidad de seis quinolonas sobre la elongación radicular y de hipocótilos en *Beta vulgaris* var. *cicla* (acelga) por tratarse de una hortaliza que se cultiva en Argentina.

Para el desarrollo experimental, se prepararon muestras de agua fortificadas con cinco niveles (0; 0,1; 1,0; 10 y 100 mg/l) de cada quinolona (ciprofloxacina, enrofloxacin, levofloxacina, marbofloxacina, norfloxacina y ofloxacina). Se utilizó el protocolo standard de pruebas de toxicidad en plantas terrestres propuesto por ASTM¹. Para cada quinolona (6) y concentración (5) se analizaron quintuplicados (5) en placas de Petri (100 x 15 mm). En cada placa, se colocaron 10 semillas sobre un filtro de celulosa Whatman y se agregó 10 ml de las disoluciones antibióticas (C₀, C₁, C₂, C₃ y C₄). Posteriormente, las placas se cubrieron con Parafilm M y se colocaron durante siete días en cámara de incubación a 25°C. Luego, se realizaron mediciones de longitud en raíces e hipocótilos por duplicado, utilizando un calibre con sensibilidad 0.1 mm. Se utilizó ANOVA y test de Tukey para evaluar el efecto de la concentración de quinolonas sobre la elongación radicular e hipocótilos de *B. vulgaris*.

En Tabla 1 se presenta el efecto de las diferentes concentraciones de quinolonas sobre las medias de las longitudes radicales e hipocótilos de semillas de acelga. Los resultados del ANOVA muestran que prácticamente todas las quinolonas ensayadas (a excepción de levofloxacina) afectan significativamente ($p < 0,05$) al desarrollo radicular de acelga. En efecto, concentraciones de 1 mg/l de enrofloxacin, marbofloxacina y norfloxacina producen una disminución de la longitud radicular, mientras que ciprofloxacina y ofloxacina deben estar en concentraciones superiores 100 mg/l para lograr un efecto inhibitorio sobre la raíz. En forma similar, Eluk et al.² destacan que enrofloxacin afecta a las longitudes de las raíces de *Sorghum spp.* (0.1 mg/l) *Glicine max* (1 mg/l) y *Helianthus annuus* (1 mg/l), *Triticum aestivum* (10 mg/l) y *Zea mays* (100 mg/l). También, Eluk et al.³ reporta un efecto fitotóxico de enrofloxacin (0,1 mg/l) sobre la elongación radicular de tres especies forrajeras (*Medicago sativa*, *Melilotus Albus* y *Triifolium repens*).

Tabla 1. Efecto de quinolonas sobre la elongación radicular e hipocótilos de *Beta vulgaris* var. *cicla*.

Propiedad	Quinolona	Concentración (mg/l)				
		0	0.1	1	10	100
Elongación radicular	Enrofloxacina	3.1 _a ± 0.3	3.1 _a ± 0.4	2.8 _b ± 0.3	2.3 _c ± 0.2	1.9 _d ± 0.3
	Ciprofloxacina	3.3 _a ± 0.3	3.8 _a ± 0.5	3.9 _a ± 0.5	3.1 _a ± 0.5	2.3 _b ± 0.5
	Levofloxacina	3.2 ± 0.3	3.6 ± 0.4	3.2 ± 0.4	3.5 ± 0.4	3.1 ± 0.4
	Marbofloxacina	3.3 _a ± 0.3	3.4 _a ± 0.5	3.3 _a ± 0.3	2.8 _b ± 0.4	2.1 _c ± 0.3
	Norfloxacina	3.1 _a ± 0.3	3.6 _a ± 0.6	2.9 _b ± 0.3	2.9 _b ± 0.4	2.3 _c ± 0.4
	Ofloxacina	3.3 _a ± 0.3	3.1 _a ± 0.4	3.5 _a ± 0.2	3.2 _a ± 0.3	2.7 _b ± 0.3
Elongación de hipocótilos	Enrofloxacina	5.5 _a ± 0.5	6.0 _a ± 0.5	5.3 _a ± 0.7	3.7 _b ± 0.4	3.2 _b ± 0.3
	Ciprofloxacina	5.6 _a ± 0.6	5.4 _a ± 0.5	4.8 _b ± 0.5	3.7 _c ± 0.5	2.9 _d ± 0.4
	Levofloxacina	5.7 _a ± 0.5	5.9 _a ± 0.4	4.8 _b ± 0.3	4.2 _c ± 0.4	3.4 _d ± 0.4
	Marbofloxacina	5.5 _a ± 0.6	5.2 _b ± 0.3	4.7 _c ± 0.4	3.9 _d ± 0.3	3.2 _e ± 0.4
	Norfloxacina	5.7 _a ± 0.6	5.4 _a ± 0.4	4.6 _b ± 0.5	3.9 _c ± 0.5	3.2 _d ± 0.5
	Ofloxacina	5.4 _a ± 0.4	4.9 _b ± 0.2	4.5 _c ± 0.3	3.7 _d ± 0.4	3.1 _e ± 0.3

Según se describe en Tabla 1, las seis quinolonas afectaron significativamente la longitud de los hipocótilos de *B. vulgaris*. Se evidencia la marcada acción fitotóxica de marbofloxacina (0,1 mg/l) y ofloxacina (0,1 mg/l) sobre la elongación de dicho tallos. Por su parte, se necesitan mayores concentraciones de ciprofloxacina (1mg/l), levofloxacina (1mg/l), norfloxacina (1mg/l) y enrofloxacina (10 mg/l) para lograr un efecto inhibitorio significativo ($p < 0.05$).

Al respecto, Feicán Guerrero⁴ evalúa el efecto fitotóxico de ciprofloxacina sobre la elongación de los hipocótilos en especies nativas: *Amaranthus hybridus* (amaranto), *Chenopodium quínoa* (quinua), *Lactuca sativa* (lechuga). Estos autores señalan que ciprofloxacina (150 mg/l) produjo una inhibición significativamente ($p < 0.05$) únicamente sobre *L. sativa* (lechuga).

El efecto fitotóxico de las quinolonas sobre elongación de los hipocótilos de *Beta vulgaris* observado en este trabajo, podría atribuirse a su acción anti-cloroplástica, puesto que estos antibióticos pueden inhibir la síntesis de clorofila.

Para concluir, se debe resaltar el efecto fitotóxico de las quinolonas sobre la longitud de hipocótilos de *B. vulgaris*, debido a la elevada sensibilidad que posee esta semilla. Por ello, es posible aprovechar esta propiedad característica de *B. vulgaris* para evaluar efectos toxicológicos de otros agentes antimicrobianos, puesto que este ensayo resulta económico, fácil de implementar y no requiere personal especializado. De este modo, es posible ampliar este estudio fitotóxico para el análisis diversas moléculas de xenobióticos en otras matrices tales como suelo y/o agua.

Bibliografía

1. ASTM, American Society for Testing Materials. (2003). Standard guide for conducting terrestrial plant toxicity tests. ASTM International, West Conshohocken, PA, 1534-1554.
2. Eluk, D.; Nagel, O. G; Zimmermann, J.; Molina, M P.; Althaus, R. L., 2016. Effect of antibiotics on the germination and root elongation of Argentine intensive crops. International Journal of Environmental Research, 10, 471-480.
3. Eluk, D.; Franck, R.; Nagel, O. G; Molina, M P.; Althaus, R. L., 2017. Phytotoxic Effect of Antibiotic Residues on Forage Seeds. International Journal of Agriculture Innovations and Research, 5, 828-848.
4. Feicán-Guerrero, M. S. (2018). Efecto fitotóxico de soluciones con diferentes concentraciones de antibióticos (amoxicilina, ciprofloxacina y sulfametoxazol) sobre el desarrollo de semillas de especies nativas de amaranto, ataco y quinua. Tesis de Maestría Universidad de Cuenca. Cuenca (Ecuador), 133 pp.