

AMBIENTICO

Revista mensual sobre la actualidad ambiental

CAÑA DE AZÚCAR, TRABAJADORES, SALUD Y ECOSISTEMAS



Editorial

**Producción de caña de azúcar
lesiona salud y ecosistemas**

Jennifer Crowe, Catharina Wesseling,
Tord Kjellstrom y Maria Nilsson
**Cortadores de caña de azúcar, calor
y efectos negativos en su salud**

Virya Bravo, Elba de la Cruz,
Gustavo Herrera, Geannina Moraga
y Fernando Ramírez

**Uso de plaguicidas en cultivos de
caña de azúcar en Guanacaste,
impacto ambiental y salud humana**

Fernando Ramírez, Virya Bravo,
Gustavo Herrera y Elba de la Cruz
**Sustancias biocidas en la
producción de caña de
azúcar en Costa Rica**

Carolina Rugeles
**Letalidad del fuego y
el humo en la zafra cañera**

Gadi Amit
**El fin de las quemas
en los cultivos de caña**

AMBIENTICO

Revista mensual sobre la actualidad ambiental

CAÑA DE AZÚCAR, TRABAJADORES, SALUD Y ECOSISTEMAS



Director y editor: Eduardo Mora
Consejo editor: Manuel Argüello, Wilberth Jiménez, Sergio Molina, Luis Poveda
Asistencia y administración: Rebeca Bolaños
Diseño, diagramación e impresión: Programa de Publicaciones, UNA
Fotografía de portada: Jennifer Crowe. Cortadores de caña de azúcar, Guanacaste.
Teléfono: 2277-3688. **Fax:** 2277-3289
Apartado postal: 86-3000, Costa Rica
Correo electrónico: ambientico@una.cr
Sitio web: www.ambientico.una.ac.cr

Ambientico, revista mensual sobre la actualidad ambiental costarricense, nació en 1992 como revista impresa, pero desde hace varios años también es accesible en internet. Si bien cada volumen tiene un tema central, sobre el que escriben especialistas invitados, en todos ellos se trata también otros temas. *Ambientico* se especializa en la publicación de análisis de la problemática ambiental costarricense -y de propuestas sobre cómo enfrentarla- sustentados en información primaria y secundaria, aunque asimismo se le da cabida a ejercicios meramente especulativos. Algunos abordajes de temas que trascienden la realidad costarricense también tienen lugar.



Sumario

Editorial

Producción de caña de azúcar lesiona salud y ecosistemas 2

Jennifer Crowe, Catharina Wesseling, Tord Kjellstrom y Maria Nilsson

Cortadores de caña de azúcar, calor y efectos negativos en su salud 4

Virya Bravo, Elba de la Cruz, Gustavo Herrera, Geannina Moraga y Fernando Ramírez

Uso de plaguicidas en cultivos de caña de azúcar en Guanacaste, impacto ambiental y salud humana 13

Fernando Ramírez, Virya Bravo, Gustavo Herrera y Elba de la Cruz

Sustancias biocidas en la producción de caña de azúcar en Costa Rica 29

Carolina Rugeles

Letalidad del fuego y el humo en la zafra cañera 34

Gadi Amit

El fin de las quemadas en los cultivos de caña 37

Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico 39

Producción de caña de azúcar lesiona salud y ecosistemas

.....

La epidemia de la enfermedad llamada *insuficiencia renal crónica*, que en otros lugares del mundo es desencadenada por diabetes e hipertensión, parece que en Costa Rica y en Mesoamérica tiene como principal causa ciertas condiciones de trabajo en los cañaverales. Sus víctimas son los trabajadores que cortan caña de azúcar con machete, que suelen trabajar bajo temperaturas cercanas a 40 °C y con una humedad de hasta 75 %. Estas condiciones ambientales, sumadas a las jornadas largas e intensas, los conduce a estrés por calor, deshidratación y a una reducción de la función del riñón.

Lo anterior ocurre, mayoritariamente, en las proximidades de la costa pacífica de Centroamérica. En Costa Rica, donde se cultiva unas 60.000 ha de caña, las plantaciones están localizadas principalmente en Guanacaste (Pacífico norte del país), y es aquí donde vemos concentrada la problemática sanitaria dicha. Ante esta, expertos internacionales en salud ocupacional han insistido en que los cortadores debieran, por cada 15 minutos de trabajo, descansar 45, pudiendo así evitarse el estrés térmico y sus consecuencias. Pero, como es de esperar, esto no es oído por los empresarios.

Las lacras en la salud humana derivadas de la producción cañera también tienen que ver con el uso de plaguicidas destinados a combatir malezas, insectos, hongos, nematodos y roedores en las fincas. Las intoxicaciones y daños crónicos en la salud por la exposición a tales sustancias están bien documentados en hospitales y por numerosos estudios. Y los ecosistemas, cómo no, son otros damnificados de los plaguicidas, porque estos llegan a aguas superficiales y subterráneas y afectan la vida acuática y

mucha otra vida animal que depende de cuerpos de agua contaminados.

A ese cuadro de injurias, que señalamos sin negar el papel positivo de la industria cañera en la economía, se suman las quemadas de los cañaverales realizadas horas antes de ser cosechados. Esos incendios, que privan al suelo de enriquecerse naturalmente con los residuos de la cosecha, liberan monóxido de carbono, otros gases contaminantes y partículas finas que envenenan la atmósfera y las aguas, causando enfermedades respiratorias y de otras índoles en seres humanos expuestos, según lo sostienen investigaciones médicas.

La quema podría evitarse y, de hecho, se evita en muchos lugares; o sea, la

caña podría ser cortada sin quemarse, cortada *en verde*, pero esto eleva el costo de producción. Se estima que quemándola se incrementa al doble el rendimiento de los cortadores y, de paso, se elimina con un brutal sopapo la maleza y se frena plagas, realizando a corto plazo pingües ahorros en mano de obra.

Ante la situación descrita, debe incrementarse la presión para modificar las jornadas y las condiciones de trabajo en los cañaverales, particularmente las atinentes a los cortadores; debe disminuirse y racionalizarse el uso de plaguicidas cautelando la salud y el ambiente, y debe prohibirse las quemadas en bien de poblaciones humanas vecinas y de ecosistemas.



J. Crowe. Cortadores de caña de azúcar con machete, Guanacaste.



Epidemióloga y especialista en salud pública. Investigadora en el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (Costa Rica).



Médica epidemióloga. Investigadora en el Instituto de Medicina Ambiental, Institutet Karolinska (Suecia).



Médico epidemiólogo. Investigador en el Health and Environment International Trust (Mapua, Nueva Zelanda).



Especialista en salud pública global. Investigadora en el Centre for Global Health Research, Umeå University, (Suecia).

Cortadores de caña de azúcar, calor y efectos negativos en su salud

Jennifer Crowe, Catharina Wesseling, Tord Kjellstrom y Maria Nilsson



Todas las personas han sentido algún grado de malestar o incomodidad por el calor durante el ejercicio o el trabajo, y sabemos que las altas temperaturas pueden afectar nuestro rendimiento y salud. De tener la opción, uno elige hacer ejercicio o trabajar en un día nublado y con brisa a 27 °C, en vez de en días húmedos y sin brisa a 37 °C. Lo que sabemos casi por instinto está comprobado científicamente: el ser humano llega a su límite fisiológico más rápido cuando la temperatura y la humedad son altas: lo que conocemos como un “día bochornoso”.

Cuando el calor del medio ambiente más el calor interno generado por el movimiento muscular sobrepasan la capacidad del cuerpo de deshacerse del calor, el cuerpo está en una condición de estrés térmico, lo cual puede resultar en algún grado de “fatiga por calor” (Parsons, 2014), cuya severidad es susceptible de variar desde dolor de cabeza y fatiga hasta manifestaciones graves, como un golpe de calor. En el golpe de calor, la temperatura basal se mantiene por encima de los 40 °C y, en caso de no recibir atención médica, los órganos esenciales dejan de funcionar, causando eventualmente

la muerte de la víctima (Parsons, 2014). Muchas veces, las enfermedades por calor están relacionadas con la ingesta insuficiente de agua. Atletas y trabajadores con labores extenuantes al aire libre son poblaciones comúnmente afectadas por el estrés térmico.



Leonel Córdoba. Cortador de caña de azúcar con machete, Guanacaste.

En Costa Rica, una de las poblaciones más afectadas por el calor es la de los cortadores de caña de azúcar, quienes trabajan la mayor parte de su jornada en condiciones de estrés térmico, poniendo en riesgo su salud y productividad (Crowe et al., 2011). En este país, gran parte de la cosecha (zafra) se realiza por corte manual con machete, en su mayoría por trabajadores temporales y subcontratados que, generalmente, son inmigrantes viviendo en condición de pobreza (Crowe, van Wendel de Joode & Wesseling, 2009; OISS et al., 2011).

La idea de que el calor, la deshidratación y los efectos negativos en la salud afectan en forma desproporcionada a los trabajadores y trabajadoras no es nueva. Desde los años cincuenta, el ejército de Estados Unidos y la industria de minería en Sudáfrica documentaron el problema y algunas soluciones (Ellis, 1955; Minard, 1961; Van der Bouwer, Devine, Paterson

& Wyndham, 1951; Wyndham, Bouwer, Devine & Paterson, 1952). La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó un documento sobre el tema en 1969 (WHO, 1969) y la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó estándares en 1989 (ISO, 1989a y 1989b). De igual manera, varias instituciones estatales de Estados Unidos reconocieron el problema en los años noventa (CDC, 2008; NIOSH, 2013; OSHA, 1999). Afortunadamente, en los últimos años, los científicos y la comunidad médica y de salud pública han puesto más atención al tema en atletas (Binkley, Beckett, Casa, Kleiner & Plummer, 2002) y trabajadores sobreexposados a calor (OSHA, 2011). Esta atención se ha ganado, desgraciadamente, por la ocurrencia de tragedias (CDC, 2008; CDC-NIOSH, 2007; Mirabelli & Richardson, 2005; Nevarez, 2013).



Volver al índice

El tema de la sobreexposición a calor en el lugar de trabajo es importante por el riesgo de enfermedades por calor y, en los peores casos, por la muerte debida a golpe de calor. El calor merece aun más atención debido al cambio climático, que seguirá aumentando la temperatura promedio y también la frecuencia, duración y severidad de las olas de calor. El cambio climático es un “amplificador” de los riesgos ambientales existentes (Kjellstrom & McMichael, 2013), estando entre tales riesgos los que enfrentan quienes laboran a la intemperie en el trópico (Kjellstrom et al., 2013). El calor en aumento en Centroamérica empeora la situación de muchos obreros que ya están trabajando en los límites fisiológicos para el calor (Kjellstrom & Crowe, 2011).

En el caso de los cortadores de caña de azúcar, existe otra razón para poner más atención al tema del calor en el trabajo: la enfermedad renal crónica de origen no-tradicional (ERCnT). Los cortadores de caña se encuentran entre los más afectados por la ERCnT en Mesoamérica (Wesseling et al., 2013), condición que ha sobrepasado a la capacidad de respuesta de los sistemas de salud y ha sido priorizado por la Organización Panamericana de Salud y los ministros de Salud (“Declaración-SanSalvador-CKD-COMISCA.pdf,” n.d.; Orduñez, Martínez et al., 2014; Orduñez, Sáenz et al., 2014). El tipo de enfermedad que sufren los cortadores de caña no está relacionado con los factores de riesgo tradicionales como la diabetes, la obesidad o la hipertensión. Aunque médicos y científicos han estado tratando de identificar las

causas a lo largo de casi una década, aún no han tenido éxito. A pesar de esto, hay consenso entre la comunidad científica de que la ERCnT está relacionada con múltiples factores causales (Correa-Rotter, Wesseling & Johnson, 2014; Orduñez, Sáenz et al., 2014), entre los que destaca el trabajo extenuante en condiciones de calor en combinación con una constante deshidratación a lo largo de la jornada laboral (Correa-Rotter et al., 2014).

Entre 2009 y 2013, la Universidad Nacional realizó una investigación con el objetivo de documentar la exposición al calor de los cortadores de caña de azúcar y las consecuencias para la salud de trabajar en esas condiciones. Los investigadores acompañaron a los trabajadores en la provincia de Guanacaste, midieron un índice de calor llamado “temperatura globo bulbo húmedo” (TGBH), calcularon la carga metabólica (la energía requerida para completar la tarea, la cual produce calor) y, utilizando normas internacionales (NTP¹ y OSHA²), establecieron los valores límite de exposición para evitar riesgo de estrés térmico. En la zafra 2010-2011, se aplicaron cuestionarios sobre síntomas para comparar 106 cortadores de caña con 63 no-cortadores de la misma empresa, analizando los grupos con la prueba de Chi cuadrado (tabla 1).

- 1 Notas Técnicas de Prevención – Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España: www.insht.es/NTP
- 2 Occupational Safety and Health Administration, USA. https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html

Tabla 1. Datos demográficos de los participantes en el cuestionario de síntomas, en zafra 2010-2011.

	Cortadores (n=106)	No-cortadores (n=63)
Edad, mediana (min, máx)	34 (19, 60)	37 (20, 63)
Categoría de trabajo n (%)		
Cortadores	106 (100)
Oficina	...	21 (33,3)
Campo (supervisores, administradores, chofer de bus)	...	14 (22,2)
Planta/Taller/Bodega	...	18 (28,6)
Otro (cafetería, electricista, profesional de salud ocupacional, guarda)	...	10 (15,9)
Número de zafras trabajadas, mediana ±DS (rango)	5 ±7,7 (1-41)	4±9,9 (1-43)
Años en puesto actual (contando año actual), n (%)		
Primer año	18 (17,0)	16 (25,4)
2 a 5 años	46 (43,4)	18 (28,6)
>5 años	42 (39,6)	29 (46,0)
Años de escuela, n (%)		
0 años	14 (13,0)	0 (0)
1-6 años	78 (73,6)	7 (11,1)
7-12 años	13 (12,3)	26 (41,3)
>12 años	1 (1)	30 (47,6)
País de nacimiento, n (%)		
Nicaragua	89 (84,0)	2 (3,2)
Costa Rica	17 (16,0)	61 (96,8)
Vivienda durante la cosecha, n (%)		
Bache (campamento laboral)	87 (82,1)	0 (0)
Casa o apartamento cercano	19 (17,9)	63 (100)
Consumo de alcohol, n (%)	48 (45,2)	48 (76,1)
Fumar, n (%)	26 (24,5)	11 (17,5)

En la zafra 2011-2012, se documentó el consumo de líquido durante las jornadas de trabajo y se realizó, antes y después de cada jornada, y durante tres días, un análisis de la orina de 48 cortadores; las diferencias se evaluaron de acuerdo con la prueba de McNemar para proporciones pareadas.

Entre los resultados del estudio se determinó que la carga metabólica de cosechar caña de azúcar es de aproximadamente 260 W/m². El valor límite correspondiente,

según las normas españolas, es 26 °C³ TGBH, por encima del cual los trabajadores deberían disminuir la carga de trabajo o tomar descansos para evitar el riesgo de estrés térmico.

En el estudio, los cortadores de caña se vieron en riesgo de sufrir estrés térmico durante la mayor parte de su jornada

³ El índice TGBH se expresa en grados Celsius (°C), pero no se debe confundir con la temperatura del aire seco que normalmente se reporta. El TGBH toma en cuenta la radiación solar, el viento, la humedad y la temperatura seca; por ende, los 26 °C de la escala de TGBH son diferentes a los 26 °C de un termómetro normal.



Figura 1. Mediciones de TGBH durante tres días en 2012, en comparación con el valor límite (línea roja) para evitar exposición a estrés térmico durante el trabajo a esfuerzo máximo.

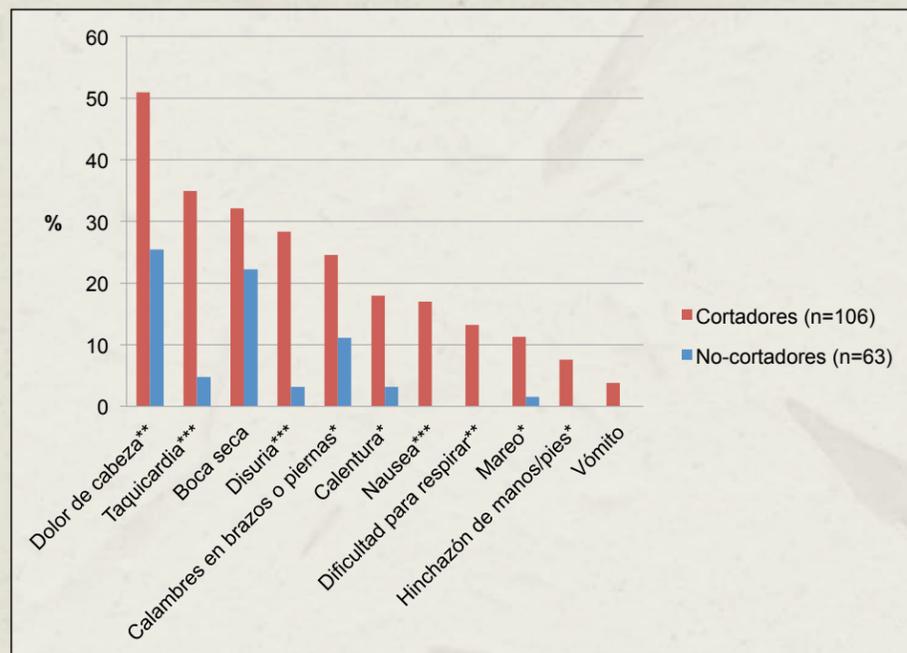


Figura 2. Síntomas reportados con una frecuencia de por lo menos una vez por semana en cortadores y no-cortadores de la misma empresa en Guanacaste, durante la zafra 2011-2012 (* p<0.05; **p<0.01 ***p<0.001)

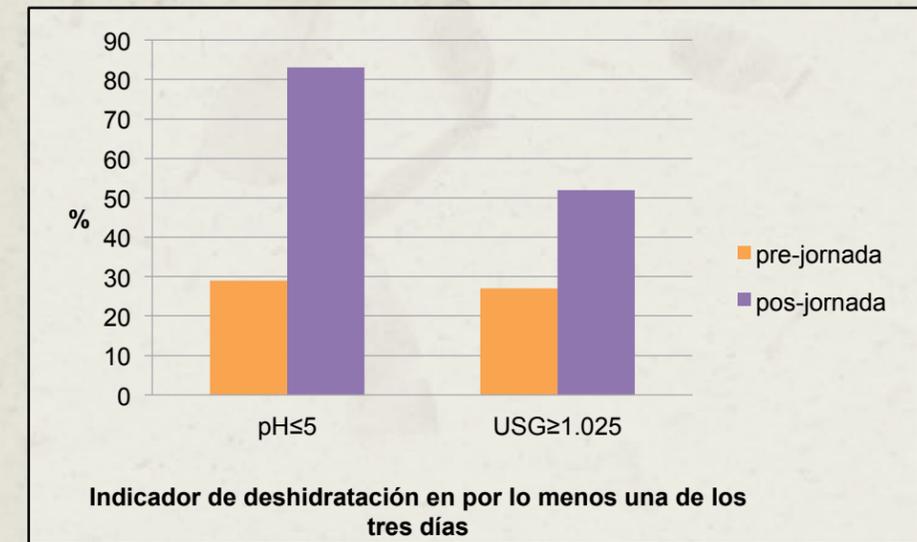


Figura 3. Porcentaje de cortadores (n=48) con un indicador de deshidratación en por lo menos uno de los tres días pre y posjornada.

laboral, especialmente si trabajaban al 100 % de su esfuerzo y sin tomar descansos. En la figura 1 se muestran los valores TGBH medidos durante tres días, típicos de una zafra en Guanacaste (los mismos días de las muestras de orina), en comparación con el valor límite de 26 °C TGBH. En esta muestra se llegó al valor límite entre las 7.15 horas y las 8.30 horas.

Los cortadores de caña experimentaron síntomas de calor y deshidratación al menos una vez por semana, frecuencia significativamente mayor que en otros trabajadores de campo, planta y oficina (p<0,05). Estos síntomas fueron dolor de cabeza, taquicardia, fiebre, náuseas, dificultad para respirar, mareos y disuria (dolor o ardor al orinar) (figura 2). Más de la mitad de los cortadores de caña reportaron tener dolor de cabeza por lo menos

una vez por semana y más de la cuarta parte de ellos experimentaron taquicardia, boca seca, disuria y calambres al menos una vez por semana. Adicionalmente, tres cortadores reportaron haberse desmayado durante la zafra 2011-2012.

El total de líquido consumido por los cortadores fue de entre 1 y 9 litros y varió con los días (media proporcional 5,0, 4,0 y 3,25 en los días primero, segundo y tercero, respectivamente). En estos mismos días, los dos indicadores principales de la deshidratación en las muestras de orina, gravedad específica (USG) alta (≥1,025) y pH bajo (≤5), cambiaron de forma significativa en las muestras prejornada y posjornada (p=0,000 y p=0,012) (figura 3), y más de la mitad mostraron indicadores de deshidratación en al menos una de las tres muestras posjornada.



J. Crowe. Cortadores de caña de azúcar con machete, Guanacaste.

Puede concluirse afirmando que, de acuerdo con los estándares internacionales, la exposición al calor representa un riesgo serio para la salud ocupacional de los trabajadores de la caña de azúcar. Un alto porcentaje de estos experimentan síntomas congruentes con lo esperado para las personas afectadas por el estrés térmico. Los resultados del análisis de las muestras de orina, antes y después de la jornada de trabajo, demuestran que existe deshidratación antes y, particularmente, después de la jornada laboral. Los resultados de este estudio evidencian la urgente necesidad de mejorar las condiciones de trabajo de los cortadores de caña de azúcar, tanto en el clima actual como en los planes de adaptación para el

cambio climático. Es probable que, mejorando las condiciones en el lugar de trabajo, se podría influir positivamente en la lucha contra la ERCnT.

Referencias

- Binkley, H. M., Beckett, J., Casa, D. J., Kleiner, D. M. & Plummer, P. E. (2002). National Athletic Trainers' Association position statement: Exertional heat illnesses. *Journal of Athletic Training*, 37(3), 329-343.
- CDC. (2008). *Heat-related deaths among crop workers-United States, 1992-2006. Morbidity and Mortality Weekly Report* (Vol. 57, pp. 1992-2006). Disponible en <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5724a1.htm>
- CDC-NIOSH. (2007). *Migrant farm worker dies from heat stroke while working on a tobacco farm - North Carolina; Report 2006-04*. Washington DC. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/face/in-house/full200604.html>



J. Crowe. Cortadores de caña de azúcar con machete, Guanacaste.

- Correa-Rotter, R., Wesseling, C. & Johnson, R. J. (2014). CKD of unknown origin in Central America: The case for a Mesoamerican nephropathy. *American Journal of Kidney Diseases*, 63(3), 506-20. doi:10.1053/j.ajkd.2013.10.062
- Crowe, J., Robles, A., Román, B., Wesseling, C., Morales, D., Nilsson, M. & Nacional, U. (2011). Risk of heat stress conditions for sugarcane harvesters in Costa Rica. En *Occupational and environmental medicine* (Vol. 68, pp. A1-A127).
- Crowe, J., van Wendel de Joode, B. & Wesseling, C. (2009). A pilot field evaluation on heat stress in sugarcane workers in Costa Rica: What to do next? *Global Health Action*, 2, 1-10. doi:10.3402/gha.v2i0.2062
- DeclaraciónSanSalvador-CKD-COMISCA.pdf. (n.d.).
- Ellis, F. P. (1955). Prevention of heat incapacitation in the Armed Forces. *Military Medicine*, 116(5), 323-9.
- ISO. (1989a). ISO 7243: 1989 Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based

on the WBGT-index (web bulb globe temperature). Geneva: International Organization for Standards.

- ISO. (1989b). ISO 7933: 1989 Ergonomics of the thermal environment - analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. Geneva: International Organization for Standards.
- Kjellstrom, T. & Crowe, J. (2011). Climate change, workplace heat exposure, and occupational health and productivity in Central America. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 17(3), 270-81.
- Kjellstrom, T. & McMichael, A. J. (2013). Climate change threats to population health and well-being: the imperative of protective solutions that will last. *Global Health Action*, 6. doi:10.3402/gha.v6i0.20816
- Kjellstrom, T., Sawada, S.-I., Bernard, T. E., Parsons, K., Rintamäki, H. & Holmér, I. (2013). Climate

change and occupational heat problems. *Industrial Health*, 51(1), 1–2.

- Minard, D. (1961). Prevention of heat casualties in Marine Corps recruits. Period of 1955-60, with comparative incidence rates and climatic heat stresses in other training categories. *Military Medicine*, 126, 261–72.
- Mirabelli, M. C. & Richardson, D. B. (2005). Heat-related fatalities in North Carolina. *American Journal of Public Health*, 95(4), 635–7. doi:10.2105/AJPH.2004.042630
- Nevarez, J. (2013). OSHA compliance issues: OSHA heat stress fatality investigation of a Latino landscaping worker. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 10(6), D67–70. doi:10.1080/15459624.2013.784177
- NIOSH. (2013). *Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to heat and hot environments. Revised Criteria 2013 External Review Draft* (p. 184). Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/docket/review/docket266/default.html>
- OISS, Wesseling, C., Crowe, J., Peraza, S., Aragón, A. & Partanen, T. (2011). Trabajadores de la caña de azúcar. En *Una mirada a las condiciones de trabajo de algunos colectivos especialmente vulnerables* (pp. 87–99). Madrid: OISS/INSHT. Disponible en <http://www.oiss.org/spip.php?article5840>
- Orduñez, P., Martínez, R., Reveiz, L., Chapman, E., Saenz, C., Soares da Silva, A. & Becerra, F. (2014). Chronic kidney disease epidemic in Central America: Urgent public health action is needed amid causal uncertainty. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(8), e3019. doi:10.1371/journal.pntd.0003019
- Orduñez, P., Sáenz, C., Martínez, R., Chapman, E., Reveiz, L. & Becerra, F. (2014). The epidemic of

chronic kidney disease in Central America. *The Lancet. Global Health*, 2(8), e440–1. doi:10.1016/S2214-109X(14)70217-7

- OSHA. (1999). *OSHA Technical Manual (OTM) - Section III: Chapter 4: Heat Stress. OSHA Technical Manual*. Disponible en https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html
- OSHA. (2011). OSHA's Campaign to Prevent Heat Illness in Outdoor Workers | Using the Heat Index - Preparing for and Responding to Heat-related Emergencies. Disponible (7-9- 2014) en https://www.osha.gov/SLTC/heatillness/heat_index/heat_emergencies.html
- Parsons, K. (2014). *Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance, Third edition* (3rd ed., p. 635). CRC Press.
- Van der Bouwer, W., Devine, M., Paterson, H. & Wyndham, C. (1951). Certain physiological responses of African mine-labourers to heat-stress. *The South African Journal of Medical Sciences*, 16(3), 92.
- Wesseling, C., Crowe, J., Hogstedt, C., Jakobsson, K., Lucas, R. & Wegman, D. H. (2013). Resolving the enigma of the Mesoamerican nephropathy: A research workshop summary. *American Journal of Kidney Diseases*, 63(3), 396–404. doi:10.1053/j.ajkd.2013.08.014
- WHO. (1969). *Health factors involved in working under conditions of heat stress: Report of a WHO Scientific Group* (p. 32). Geneva. Disponible en whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_412.pdf
- Wyndham, C., Bouwer, W., Devine, M. & Paterson, H. (1952). Examination of use of heat-exchange equations for determining changes in body temperature. *Journal of Applied Physiology*, 5(6), 299–307.



Ingeniera forestal y especialista en gestión y estudios ambientales. Investigadora y docente en la Universidad Nacional (virya.bravo.duran@una.cr).



Bióloga especialista en ecotoxicología. Investigadora y docente en la Universidad Nacional (elbamd@gmail.com).



Ingeniero agrónomo y especialista en gestión y estudios ambientales. Investigador en la Universidad Nacional (gustavohledezma@hotmail.com).



Geógrafa y especialista en administración pública. Investigadora en la Universidad Nacional (geannina.moraga.lopez@una.cr).



Ingeniero agrónomo. Investigador en la Universidad Nacional (fernando.ramirez.munoz@una.cr).

Uso de plaguicidas en cultivos de caña de azúcar en Guanacaste, impacto ambiental y salud humana

Virya Bravo, Elba de la Cruz, Gustavo Herrera, Geannina Moraga y Fernando Ramírez



La cantidad de plaguicidas importados por Costa Rica pasó de 8.400 toneladas en el año 2000 a 13.300 toneladas en el 2012. Este crecimiento, de 58 %, está relacionado con que el área agrícola aumentó un 10 % durante ese periodo (De la Cruz et al., 2014; Ramírez et al., 2014). El área cultivada de caña de azúcar pasó de 47.200 ha, en el año 2000, a 57.600 ha en el 2012, lo que representó un crecimiento del 22 % (Sepsa, 2011; Sepsa 2014). Las principales zonas productoras de caña de azúcar en el país son: Pacífico Seco (Guanacaste), Pacífico Central (Puntarenas), Región Norte (San Carlos, Los Chiles), Valle Central Occidental (Grecia, Atenas, Poás, San Ramón, Alajuela), Valle Central Oriental (Turrialba, Juan Viñas) y Región Sur (Pérez Zeledón, Buenos Aires) (Laica, 2015). En Guanacaste está más del 50 % del área plantada de caña de azúcar en el país (Laica, 2013).

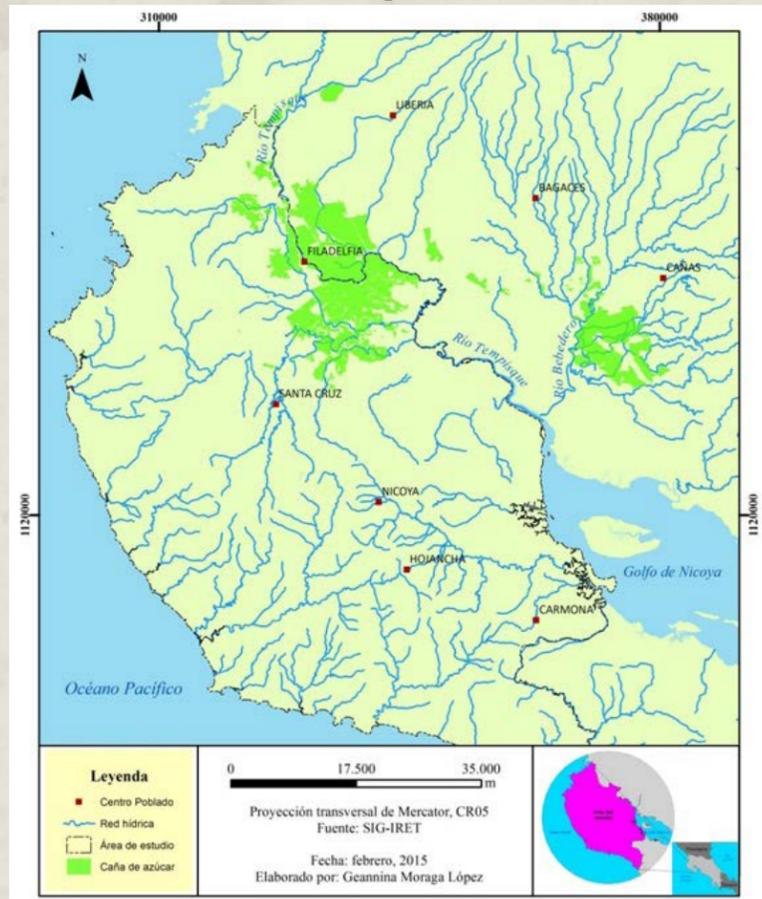
El Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (Iret) estimó que el área ocupada por caña de azúcar en Guanacaste asciende a 34.843 ha, de las que aproximadamente 16.243 ha están en la península de Nicoya



(descartando los distritos de Puntarenas). Estas estimaciones se basaron en la fotointerpretación y la digitalización de uso sobre el mosaico de ortofotos del Programa de Regularización de Catastro y Registro de 2005, mediante servicio WMS y con el soporte del software ArcMap10® de ESRI. La verificación de las áreas se realizó mediante la comparación con el mapa de Laica del periodo 2012-2013. El resultado de este procedimiento es el mapa 1, en el que se observa una concentración de áreas cultivadas con caña de azúcar principalmente en dos zonas, la más importante ubicada a ambos márgenes del río Tempisque y la otra en el margen derecho del río Bebedero. Estas áreas corresponden a planicies aluviales de origen fluvial, compuestas por fracciones de rocas tanto de origen sedimentario como basáltico y silíceo (Madrigal y Rojas, 1980).

En el Iret se utiliza el diagnóstico de uso de plaguicidas para conocer el tipo de sustancias y las cantidades aplicadas en el manejo fitosanitario de los cultivos. Los diagnósticos son específicos para un espacio geográfico y un tiempo dado; no

Mapa 1.



representan la generalidad del país ni el tiempo durante el cual se ha cultivado el producto en el territorio. Por tanto, su uso es discrecional y depende del fin buscado por el usuario.

En un diagnóstico realizado por Iret en caña de azúcar en Bagaces, Cañas y Liberia, durante el año 2009 (<10 entrevistas, equivalentes a un muestreo del 36 % del área), se estimó el uso de plaguicidas en 10 kg ia/ha/año (Ramírez y Bravo, 2010). Otros diagnósticos realizados por Iret, en 2010, en la península de Nicoya

(60 entrevistas, equivalentes a un muestreo del 66 % del área) y los cantones colindantes con el Parque Nacional Palo Verde (PNPV) (49 entrevistas, equivalentes a un muestreo del 21 % del área), estimaron el uso de plaguici-

das en 12,39 kg ia/ha/año y 11 kg ia/ha/año, respectivamente (Herrera y Bravo, 2010; Bravo et al., 2013). Las diferencias encontradas en estos diagnósticos obedecen, primero, a cambios estacionales en la ocurrencia de plagas, debidos principalmente al régimen de lluvias, que incide en la proliferación de malezas y ocasiona un mayor uso de herbicidas en las cercanías del PNPV; segundo, a una plaga de jogotos (*Phyllophaga spp*) en la península que condujo a un uso alto del nematicida terbufos y de otros insecticidas como el clorpirifos, y, tercero, a la plaga de ratas que parece ser un mayor problema cerca del PNPV que en la península. Al relacionar los datos de uso de plaguicidas con el área cultivada de caña de azúcar en Guanacaste, durante el 2010, se obtuvo una descarga ambiental correspondiente a 352 ton ia, que representaron en ese momento un 2,5 % de la cantidad de plaguicidas importados por el país.

En la península de Nicoya, los herbicidas (77,59 %) fueron la acción biocida

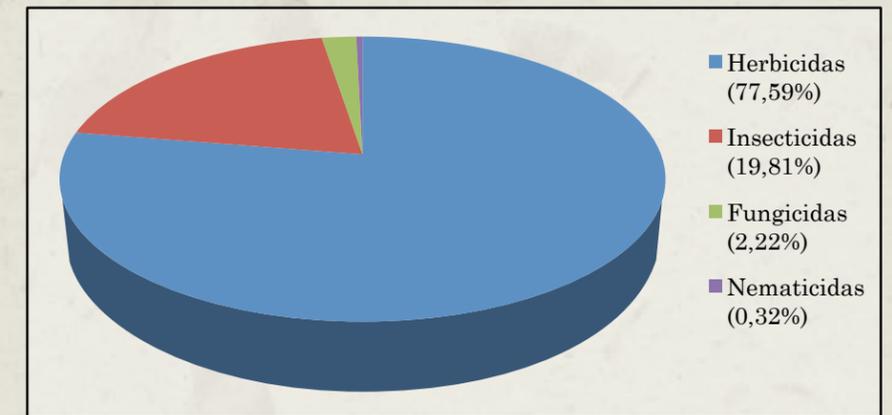


Figura 1. Cantidad porcentual de plaguicidas aplicados en caña de azúcar por acción biocida. Península de Nicoya.

más usada en el cultivo de la caña de azúcar, los insecticidas (19,81 %) se ubicaron como la segunda acción biocida debido a su aplicación para el combate del jogoto, y los fungicidas (2,22 %) fueron la tercera acción biocida, aunque solo se aplicaron en forma puntual. Los nematicidas (0,32 %) fueron la cuarta acción biocida por su uso excepcional en la siembra para prevención del jogoto, y los rodenticidas (0,06 %), a pesar de que se usaron muy frecuentemente, fueron la quinta acción biocida, debido a la baja composición porcentual del ingrediente activo en la formulación (figura 1) (Bravo et al., 2013; Bravo, 2012).

Por otro lado, en las cercanías del PNPV, los herbicidas (99,65 %) fueron la acción biocida más usada y, prácticamente, la única en este cultivo. El uso de insecticidas correspondió a 0,28 % y el de rodenticidas a 0,07 % (figura 2) (Herrera y Bravo, 2010).

Los plaguicidas usados en la península de Nicoya se clasificaron en 11 grupos químicos. Entre estos, las triazinas (48,93

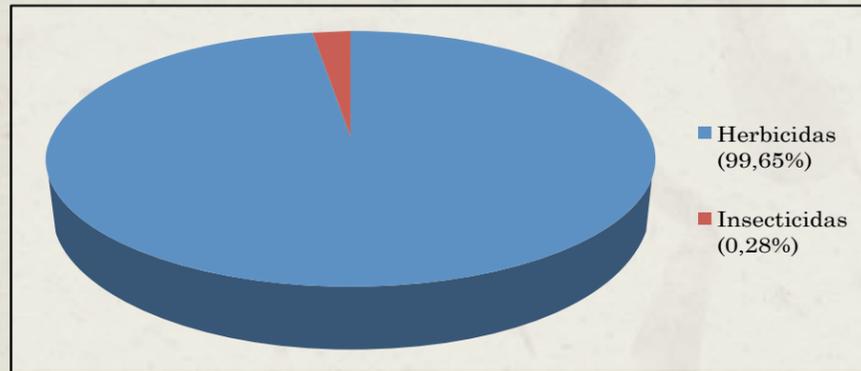


Figura 2. Cantidad porcentual de plaguicidas aplicada en caña de azúcar por acción biocida. Cercanías de Palo Verde.

Además, el uso de plaguicidas por hectárea para el cultivo bajaría a 10,91 kg ia/ha/año. Este valor es similar al reportado para el mismo cultivo en los datos del 2009 (Ramírez y Bravo, 2010) y en el área cercana

al PNPV en 2010 (Herrera y Bravo, 2010). Los plaguicidas usados cerca del PNPV se clasificaron en nueve grupos químicos y, al igual que en la península, las triazinas (59,16 %) fueron el grupo más utilizado; las anilidas (12,59 %), ureas (10,25 %) y fenoxiacéticos (9,93 %) se usaron en proporciones muy similares (Herrera y Bravo, 2010).

al PNPV en 2010 (Herrera y Bravo, 2010). Los plaguicidas usados cerca del PNPV se clasificaron en nueve grupos químicos y, al igual que en la península, las triazinas (59,16 %) fueron el grupo más utilizado; las anilidas (12,59 %), ureas (10,25 %) y fenoxiacéticos (9,93 %) se usaron en proporciones muy similares (Herrera y Bravo, 2010).

Lo anterior debido a una plaga de jogoto. Sin embargo, si se excluye de los cálculos las aplicaciones de estos productos, los grupos químicos más importantes serían, en primer lugar, las triazinas como la terbutrina, ametrina y hexazinona; en segundo lugar, los fenoxiacéticos como el 2,4-D; en tercero, las dinitroanilidas, y, en cuarto, las ureas.



G. Moraga. Equipo de fumigación.

Los ingredientes activos aplicados en mayor cantidad en caña de azúcar en la península, durante 2010, fueron ametrina (3,51 kg ia/ha/año), terbutrina (2,29 kg ia/ha/año), clorpirifos (1,43 kg ia/ha/año), 2,4-D (1,24 kg ia/ha/año), pendimetalina (0,96 kg ia/ha/año) y diuron (0,91 kg ia/ha/año). Los herbicidas

representaron el 72 % de lo aplicado y, entre estos, la terbutrina y el 2,4-D fueron los preferidos por el 90 % de los agricultores (cuadro 1).

Los ingredientes activos aplicados en mayor cantidad cerca del PNPV, durante 2010, fueron terbutrina (2,87 kg ia/ha/año), ametrina (2,21 kg ia/ha/año),

Cuadro 1: Plaguicidas aplicados en cultivo de caña de azúcar. Península de Nicoya. 2010.

Acción biocida	Ingrediente activo	Cantidad	
		kg ia/ha	%
Herbicidas	ametrina	3,51	28,32
	terbutrina	2,29	18,53
	2,4-D	1,24	10,03
	pendimetalina	0,96	7,72
	diuron	0,91	7,35
	glifosato	0,28	2,29
	hexazinona	0,26	2,09
	isoxaflutole	0,15	1,21
	trifloxisulfuron	0,01	0,06
	Subtotal	9,61	77,59
Insecticidas	clorpirifos	1,43	11,57
	malation	0,69	5,56
	foxim	0,21	1,66
	cipermetrina	0,09	0,71
	permetrina	0,03	0,25
	deltametrina	0,01	0,06
	Subtotal	2,45	19,81
Fungicidas	folpet	0,27	2,22
	Subtotal	0,27	2,22
Nematicidas	terbufos	0,04	0,32
	Subtotal	0,04	0,32
Rodenticidas	coumatetralil	0,01	0,06
	brodifacouma	0,0001	0,00
	flocoumafen	0,0001	0,00
	difetialona	0,00003	0,00
	Subtotal	0,01	0,06
	Total	12,39	100,00

*No incluye madurantes

Fuentes: Bravo et al., 2013; Bravo, 2012.

Cuadro 2: Plaguicidas aplicados en cultivo de caña de azúcar. Cercanías del PNPV, 2010.

Acción biocida	Ingrediente activo	Cantidad	
		kg ia/ha/año	%
Herbicidas	terbutrina	2,87	26,78
	ametrina	2,21	20,61
	pendimetalina	1,35	12,59
	hexazinona	1,26	11,77
	diuron	1,10	10,25
	2,4-D	1,06	9,93
	glifosato	0,36	3,40
	paraquat	0,21	2,33
	picloram	0,03	1,99
		Subtotal	10,46
Insecticidas	cipermetrina	0,25	0,28
		Subtotal	0,28
Rodenticidas	coumatetralil	0,008	0,07
	brodifacouma	0,0001	0,00
		Subtotal	0,01
Total		10,72	100,00

*No incluye madurantes
Fuente: Herrera y Bravo, 2010.

pendimetalina (1,35 kg ia/ha/año), hexazinona (1,26 kg ia/ha/año), diuron (1,10 kg ia/ha/año) y 2,4-D (1,06 kg ia/ha/año). Estos plaguicidas representaron el 92 % de la cantidad aplicada por hectárea de caña de azúcar y, entre ellos, el 2,4-D y la terbutrina fueron los preferidos por el 75 % de los agricultores (cuadro 2).

En la península de Nicoya, durante la ejecución del proyecto “Vigilancia del uso de plaguicidas en actividades agropecuarias, con énfasis en el herbicida 2,4 D por peligro de contaminación de aguas subterráneas y superficiales en la península de Nicoya”, en 2010 y 2011 se encontró residuos de terbutrina, ametrina y

hexazinona en muestras de agua superficial, y residuos de terbutrina y ametrina en muestras de agua subterránea de dos pozos de riego en fincas de caña de azúcar. En los pozos de acueductos rurales muestreados no se encontró residuos de plaguicidas (Bravo et al., 2012). En el área de influencia del PNPV, en la ejecución del proyecto “Impacto de los plaguicidas en el recurso hídrico de la cuenca baja del río Tempisque (Palo Verde)”, entre 2009 y 2011 se encontró residuos de cuatro plaguicidas de los que se utilizan en el cultivo de la caña de azúcar: hexazinona, diuron, terbutrina y ametrina (De la Cruz et al., 2012).

En general, estos plaguicidas llegan a las aguas superficiales y subterráneas

por la interacción entre, por una parte, el patrón de uso de las sustancias y, por la otra parte, las características fisicoquímicas de ellas y factores ambientales, que en conjunto determinan su transporte y transferencia en el ambiente, así como también por los procesos de degradación que involucran tanto reacciones aeróbicas como anaeróbicas y son influenciados por factores como temperatura, pH, luz y naturaleza y humedad del suelo, los cuales a su vez determinan la persistencia de la sustancia en el ambiente (Bravo, 2012; Donati y Funari, 1993).

Los plaguicidas clasificados como triazinas son compuestos ampliamente utilizados en la agricultura, que han sido encontrados como contaminantes de aguas superficiales y subterráneas (Vitanov et al., 2003; Donati y Funari, 1993). Terbutrina es un herbicida selectivo utilizado como pre emergente o pos emergente en diferentes cultivos; es poco móvil en el suelo, tiene baja solubilidad en agua, de moderada a alta persistencia ambiental (27 a >180 días) y potencial de lixiviación de bajo a moderado. Sin embargo, este herbicida y/o su metabolito hidroxiterbutrina (con alto potencial de lixiviación) también ha sido encontrado, entre otros, en aguas subterráneas de España y Holanda. En el último caso hasta a cuatro metros de profundidad y en concentraciones de 2,4 µg/L (Donati y Funari, 1993; Carabias-Martínez et al., 2003; Estévez et al., 2012). Debido al lavado por escorrentía, la terbutrina puede llegar a los cuerpos de agua y contaminarlos, y

también ha sido detectado en agua superficial de otros ecosistemas acuáticos de Costa Rica, España, Italia, República Checa y Alemania (De la Cruz, 2014; Echeverría-Saénz, 2012; El Bouraie et al., 2011; Velisek et al., 2011; Terrado et al., 2010; Quednow y Püttmann, 2007).

Hexazinona es un herbicida efectivo para muchas malezas anuales y perennes; sin embargo, tiene una alta solubilidad en agua y alta persistencia y movilidad en el suelo, por lo que posee buen potencial de lixiviación. Ha sido reportado en aguas subterráneas de Brasil, Canadá y Estados Unidos -entre otros lugares- (Keizer et al., 2001; Di Bernardo-Dantas et al., 2011) como consecuencia de la actividad agrícola. En Costa Rica, desde 1995 se han determinado residuos de este plaguicida en agua superficial cerca de la desembocadura del río Tempisque, y en otras regiones del país (De la Cruz et al., 2014; Echeverría Sáenz et al., 2012; De la Cruz et al., 2004; De la Cruz, 2002).

Ametrina es un herbicida de acción sistémica utilizado en el control pre o pos emergente temprano de gramíneas y malezas de hoja ancha. Es soluble en agua, moderadamente móvil y persistente en el ambiente y con potencial de lixiviación, propiedades estas que sugieren que puede estar presente en el suelo y también en aguas superficiales y subterráneas, como en Brasil y Costa Rica (Jacomini et al., 2009; Echeverría-Saénz et al., 2012; De la Cruz et al., 2015). En Costa Rica, desde 1993, ha sido reportado en aguas superficiales de la vertiente Caribe, en

concentraciones que podrían representar un peligro crónico para los organismos acuáticos; y, desde 1995, en aguas superficiales del Pacífico Norte asociado con cultivos de caña de azúcar y arroz. Residuos de ametrina se han encontrado en agua superficial luego de eventos de mortalidad de fauna acuática en el país (De la Cruz et al., 2015; De la Cruz, 2002).

Diurón es un herbicida del grupo de las fenilureas, de acción sistémica que inhibe la fotosíntesis; se absorbe principalmente por las raíces y se trasloca vía xilema al resto de la planta. Se utiliza en el control pre y pos emergente de malezas de hoja ancha y gramíneas (British Crop Protection Council, 2003). Es poco soluble en agua, persistente en el ambiente, móvil, con moderado potencial de lixiviación, puede adherirse a las partículas del suelo y llegar a las aguas superficiales de los ecosistemas acuáticos por escorrentía asociado a ellas. Este herbicida ha sido frecuentemente encontrado en aguas superficiales y subterráneas de Estados Unidos (Cheng y Young, 2008; Cox, 2003; Lee et al., 2001; Wentz et al., 1998; U.S. Geological Survey, 1998).

En Costa Rica, se ha determinado su presencia en

aguas superficiales del Pacífico Sur, de la región Caribe (Sixaola) y de la zona hortícola al norte de Cartago. También ha sido detectado en muestras de agua superficial y de organismos acuáticos luego de eventos de mortalidad de fauna acuática en la región Caribe (De la Cruz, 2014; Alfaro-Monge, 2011; De la Cruz, 2010; De la Cruz et al., 2004). También se ha reportado su presencia en un pozo que supe de agua a la ciudad de Ribeirão Preto -Brasil-, localizado cerca de una plantación de caña de azúcar (Di Bernardo Dantas et al., 2011).

Terbutrina, hexazinona, ametrina y diuron son catalogados, según las frases de riesgo de la Unión Europea, como muy tóxicos o nocivos para organismos acuáticos (R50-R52) y con capacidad de provocar, a



F. Ramírez. Equipo de fumigación operando en cañaveral, Guanacaste.

largo plazo, efectos negativos en el medio acuático (R53) (University of Hertfordshire, 2015). Según la evidencia científica, estas cuatro sustancias pueden afectar en diferentes grados la biota expuesta. Por ser herbicidas, los grupos taxonómicos de la biota a los que más afectan son las algas y los helechos acuáticos, para los que muestran toxicidades agudas, altas y extremas. Desde este punto de vista, quizás sería importante estudiar el efecto de estas sustancias en la diversidad de la flora y en la productividad primaria de los ecosistemas contaminados. Es importante notar que estos herbicidas también muestran toxicidades agudas, altas y medianas, para otros grupos taxonómicos, como peces, anfibios, aves, mamíferos, crustáceos, abejas y lombrices de tierra, lo cual podría representar un peligro para la diversidad y la salud de estos ecosistemas (figura 3) (De la Cruz et al., 2015; University of Hertfordshire, 2015).

En Costa Rica, durante 2013 se diagnosticaron 396 intoxicaciones por plaguicidas (Ministerio de Salud, 2014). En la región Chorotega fueron reportados 45 casos de intoxicaciones en trabajadores de la caña de azúcar. Los reportes se relacionaron principalmente con herbicidas (2,4-D, terbutrina, paraquat [Gramoxone] y glifosato) y, en segundo lugar, con fungicidas (Trejos, 2014).

Entre los plaguicidas identificados como más usados, tanto por la cantidad aplicada como por el número de usuarios en la península de Nicoya y las cercanías de PNPV, los más peligrosos en forma

aguda fueron el 2,4-D y la hexazinona (moderadamente peligrosos). Hay otros plaguicidas menos usados con toxicidad aguda de alta a extrema, como terbufos y los rodenticidas. Con tres posibles efectos de toxicidad tóxica (irritación ocular y dérmica y potencial alergénico), entre los más usados se identificó el 2,4-D; con cuatro posibles efectos de toxicidad crónica se identificó el 2,4-D, y con tres posibles efectos la terbutrina y el diuron. Ametrina y pendimetalina, también muy usados, tienen toxicidad aguda ligera y dos efectos tóxicos, y pendimetalina, además, tiene un efecto crónico como posible cancerígeno. Entre todos los plaguicidas, sin considerar el uso, los efectos crónicos más importantes fueron disrupción endocrina, neurotoxicidad y posible o probable cancerogenicidad (De la Cruz et al., 2015) (cuadro 3).

Otros efectos crónicos de estos herbicidas son: en ametrina, hepatotóxico; en pendimetalina, hepatotóxico, aumento de fosfatasa alcalina y tiroidea; en 2,4-D, trastornos reproductivos, genotoxicidad, Parkinson, bronquitis, peribronquitis, neumoescclerosis, nefrotóxico y hepatotóxico; en diuron, metahemoglobinemia; en hexazinona, adenoma hepático, leucocitosis con eosinofilia, orina alcalina y cambios en peso de órganos (De la Cruz et al., 2015).

Además del 2,4-D, otros plaguicidas con menor uso en los cultivos de caña de azúcar pueden presentar efectos relacionados con problemas renales. Entre estos, glifosato por el peligro de ocasionar adenoma de túbulos renales, isoxaflutole por

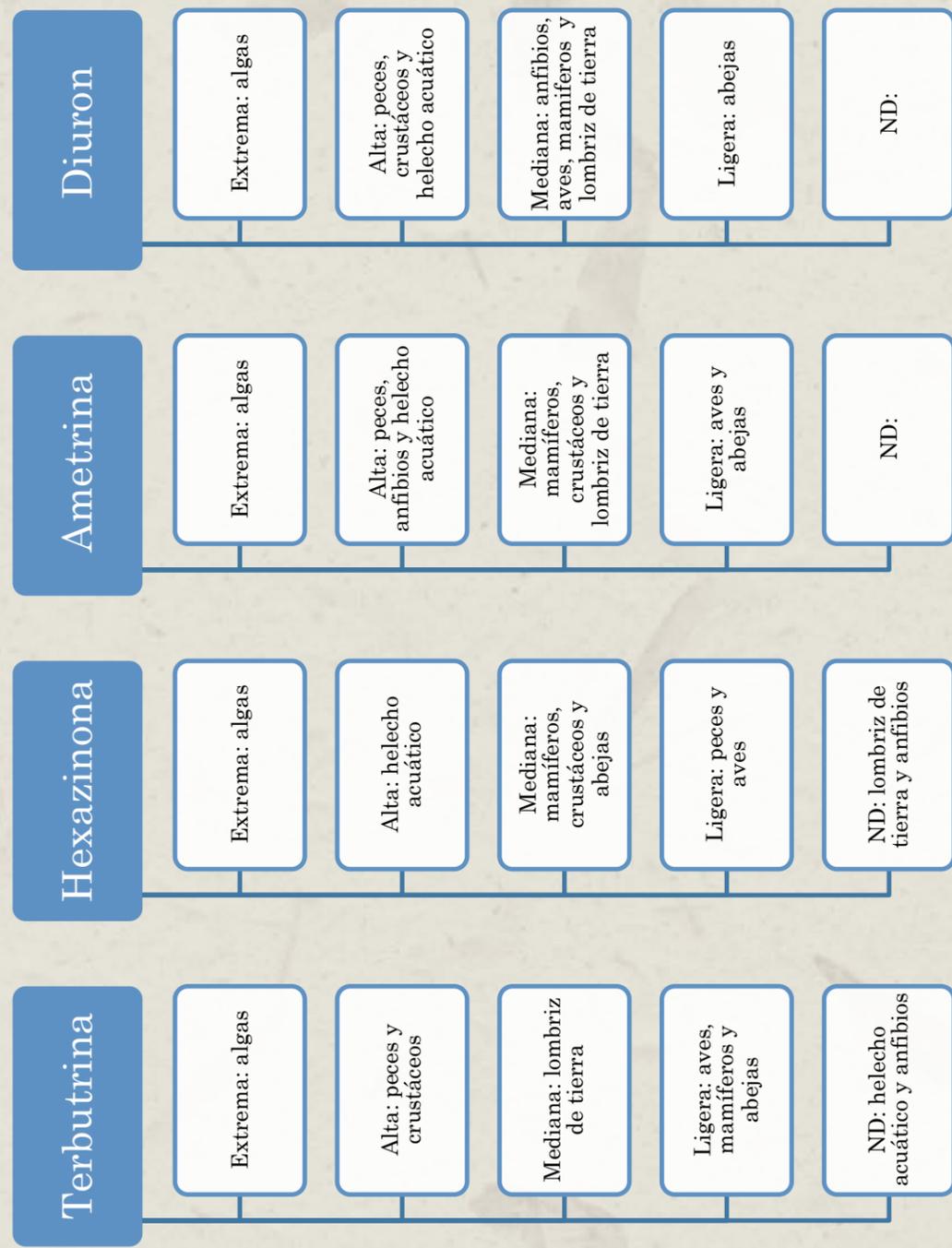


Figura 3: Toxicidad aguda de organismos por terbutrina, hexazinona, ametrina, y diuron. Fuentes: De la Cruz et al., 2015; University of Hertfordshire, 2015.

Cuadro 3: Toxicidad aguda, tóxica y crónica de plaguicidas usados en caña de azúcar.

Acción biocida	Ingrediente activo	Toxicidad aguda	Toxicidad tóxica	Toxicidad crónica			Cancerogenicidad
				Neurotoxicidad	Teratogenicidad	D. endocrina	
Herbicidas	ametrina	Ligera	Positiva (2)				Posible o probable
	terbutrina	Ligera	Positiva (1)	Positiva			Posible o probable
	pendimeta lina	Ligera	Positiva (2)				Posible o probable
	2,4-D	Moderada	Positiva (3)	Positiva			Posible o probable
	diuron	Ligera	Positiva (2)	Positiva			Posible o probable
	hexazinona	Moderada	Positiva (2)				
	glifosato	Ligera	Positiva (2)			Positiva	
	paraquat	Moderada	Positiva (3)	Positiva		Positiva	
	isoxaflutole	Ligera	Positiva (1)	Positiva		Positiva	
	picloram	No peligro	Positiva (2)	Positiva		Positiva	
Nematocidas	trifloxisulfuron	ND	Positiva (2)				
	terbufos	Extrema	Positiva (2)	Positiva			
Insecticidas	clorpirifos	Moderada	Positiva (2)	Positiva		Positiva	Posible o probable
	malation	Ligera	Positiva (3)	Positiva		Positiva	Posible o probable
	cipmetrina	Moderada	Positiva (3)	Positiva		Positiva	Posible o probable
	foxim	Moderada	Negativa (2)	Positiva		Positiva	Posible o probable
	permetrina	Moderada	Positiva (3)	Positiva		Positiva	Posible o probable
	deltametrina	Moderada	Positiva (2)	Positiva		Positiva	Posible o probable
Fungicidas	folpet	No peligro	Positiva (3)				Posible o probable
	coumatralil	Alta	Negativa (3)				
Rodenticidas	brodifacouma	Extrema	Positiva (3)				
	flucoumafén	Extrema	Positiva (3)				
	difetialona	Extrema	Positiva (1)				

Fuentes: De la Cruz et al., 2015; University of Hertfordshire, 2015; Cornell University et al., 2006; García, 2003; University of Hertfordshire, 2006; Fluoride Action Network, 2007; Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, 1998; Comisión de las Comunidades Europeas, 2001; Orme and Kegley, 2006; Pesticide Action Network-UK, 2009; Environmental Protection Agency, 2006; Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, 2007; International Agency for Research on Cancer, 2009; U.S. Environmental Protection Agency, 2004; Argemi, Cianni y Porta, 2005; Environmental Protection Agency, 1998.

amiloidosis, y picloram y folpet por ser nefrotóxicos. Estos tres también pueden ser hepatotóxicos (De la Cruz et al., 2015).

Aunque en los diagnósticos de 2010 glifosato solo se identificó como usado en las cabeceras del cultivo, también es usado por algunas agro-empresas como madurante de la caña de azúcar vía aérea y en dosis de 0,3 kg ia por hectárea. Este uso es compartido por trinexapac-etil, otro regulador de crecimiento. En relación con glifosato, una investigación en arrozales de Sri Lanka sugirió que este herbicida, usado en lugares con presencia de “agua dura” (con contenidos de calcio y magnesio) y metales nefrotóxicos (hierro, estroncio y arsénico), puede actuar como agente quelante, formando complejos metálicos estables que impiden sea desintoxicado por el hígado y le permiten pasar a los riñones contribuyendo al daño renal crónico (Jayasumana et al., 2014).

Al respecto, una exinvestigadora de Iret afirmó: “algunos plaguicidas podrían potencialmente estar vinculados con la enfermedad renal crónica, especialmente a través de la interacción con la deshidratación resultante de estrés térmico ... En América Central el tiempo de introducción del glifosato a una escala más grande no coincide con el inicio de la epidemia, que va más atrás de los años ochenta” (C. Wesseling, comunicación por correo, 14 de marzo de 2014). Otro autor indica que “la formación de complejos con metales nefrotóxicos por parte del glifosato es poco probable por competir estos con minerales no tóxicos como el calcio y el

magnesio, quienes a su vez se encuentran en mayor proporción en el medio ambiente que los metales pesados” (Alfaro, 2014). Este autor también hace referencia a características del glifosato que limitan su capacidad de lixiviar y contaminar aguas subterráneas e indica que “la insuficiencia renal crónica ... se debe ... a deshidrataciones severas de dichos trabajadores al estar expuestos a altas temperaturas durante varias horas y jornadas de trabajo sin hidratarse adecuadamente” (ibid.).

En Guanacaste, la Caja Costarricense de Seguro Social realiza una investigación epidemiológica para determinar asociaciones causales de la enfermedad renal crónica y efectuar intervenciones sanitarias tendientes a reducir el impacto en la población. En esta provincia, la tasa de hospitalización alcanza los 112,9 pacientes por cada 100.000 habitantes; dos terceras partes de los afectados proceden de Bagaces, Cañas y Filadelfia (CCSS, 2013). Por esto, Iret investiga “metodologías para la medición de estrés térmico y respuestas fisiológicas” y participa en el Consorcio de la Epidemia de la Nefropatía en Centroamérica y México.

La Dirección de Investigación y Extensión en Caña de Azúcar (Dieca), que siempre ha realizado investigación en control biológico de plagas y mejoramiento genético para la atención de problemas fitosanitarios en las plantaciones, también realiza transferencia tecnológica a los productores y en sus capacitaciones aboga por el uso racional de los plaguicidas. Recientemente, el Programa de

Agronomía de Dieca solicitó a Iret realizar una investigación conjunta sobre la posibilidad de contaminación de aguas por los herbicidas utilizados en el cultivo de la caña de azúcar en diferentes órdenes de suelo (R. Alfaro, comunicación por correo, 29 de setiembre de 2014). Este Programa ya cuenta con publicaciones referentes a la protección del ambiente, como, por ejemplo, *Herbicidas Asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del Medio Ambiente* (Alfaro, 2013).

En las anteriores acciones se evidencia el reconocimiento de una responsabilidad compartida respecto al entendimiento de la enfermedad renal crónica, que se reconoce como un problema epidemiológico. Es necesario que los actores sociales se comprometan con la búsqueda de soluciones y el principio precautorio establecido por el derecho ambiental.

Referencias

- Alfaro, R. (2013). *Herbicidas Asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del Medio Ambiente*. Costa Rica: Dieca. Disponible en <http://www.laica.co.cr/biblioteca2/verSubcategoria.do?p=1&c=443&s=2884>.
- Alfaro, R. (2014). *Medio Ambiente y Nefrotoxicidad por Glifosato*. Costa Rica: Dieca. Disponible en <http://www.laica.co.cr/biblioteca2/buscar.do>.
- Alfaro-Monge, M. P. (2011). *Experiencias exitosas para reducir el impacto de la agricultura sobre los sistemas costeros. Reduciendo el escurrimiento de plaguicidas al Mar Caribe*. Costa Rica: Proyecto REPCar en Costa Rica – Minaet – Pnuma.
- Argemi, F.; Cianni, N. y Porta, A. (2005). Disrupción endocrina: perspectivas ambientales y salud pública. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 39(3), 291-300.

- Bravo, V. (2012). *Evaluación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas por uso de plaguicidas en la península de Nicoya, con énfasis en 2,4-D*. Costa Rica: Tesis de Maestría. Escuela de Química. Universidad Nacional.
- Bravo, V.; de la Cruz, E.; Herrera, G. y Ramírez, F. (2013). Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud. *Uniciencia* 27(1), 351-376.
- Bravo, V.; de la Cruz, E.; Herrera, G.; Moraga, G.; Ramírez, F.; Ruepert, C.; Morera, M.; Solano, K.; Pinnock, M. y Rodríguez, R. (2012). *Vigilancia del uso de plaguicidas en actividades agropecuarias, con énfasis en el herbicida 2,4-D, por peligro de contaminación de aguas subterráneas y superficiales en la península de Nicoya, Guanacaste*. Costa Rica: Iret, Universidad Nacional.
- British Crop Protection Council. (2003). *The pesticide manual*. A World Compendium. 13th edition. Clive Tomlin (Ed.). United Kingdom: BCPC Crop Protection Publications.
- Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS). (2013). CCSS inició revaloración de pacientes con insuficiencia renal crónica en Guanacaste. Costa Rica: Blog de Noticias CCSS. Disponible en <http://www.ccss.sa.cr/noticias/index/32-ccss/751-ccss-inicio-revaloracion-de-pacientes-con-insuficiencia-renal-cronica-en-guanacaste>.
- Carabias-Martínez, R.; Rodríguez-Gonzalo, E.; Fernández-Laespada, M. E.; Calvo-Seronero, L. y Sánchez-San Román, F. J. (Febrero, 2003). Evolution over time of the agricultural pollution of waters in an area of Salamanca and Zamora (Spain). *Water Research* 37, 928–938. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00431354>.
- Chen, W. W. H. y Young, T. M. (2008). NDMA Formation during Chlorination and Chloramination of Aqueous Diuron Solutions. *Environ. Sci. Technol.* 42(4), 1072–1077.
- Comisión de las Comunidades Europeas. (2001). *Aplicación de la estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos. Sustancias de las que se sospecha interfieren con los sistemas hormonales de seres humanos y animales*. Bruselas:

- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo.
- Cornell University; Michigan State University; Oregon State University; University of California-Davis. (2006). *Pesticide Information Profile*. USA: Extension Toxicological Network. (Exttoxnet). Disponible en <http://exttoxnet.orst.edu/pips/ghindex.html>.
- Cox, C. (2003). Herbicide fact sheet diuron. *Journal of pesticide reform* 23(1), 12-20.
- De la Cruz, E. y Castillo, L. E. (2002). The use of pesticide in Costa Rica and their impact on coastal ecosystems. En: Taylor, M.; Kleine, S.; Carvalho, F.; Barcelo, D. y Everaarts, J. (Eds). *Pesticides Residues in Coastal Tropical Ecosystems: Distribution, fate and effects*. USA: Taylor and Francis.
- De la Cruz, E.; Bravo, V. y Ramírez, F. (2015). *Plaguicidas de Centroamérica*. Costa Rica: Sitio web del Proyecto Manual de plaguicidas en Centroamérica. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional. Disponible en <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr>.
- De la Cruz, E.; Bravo-Durán, V.; Ramírez, F. y Castillo, L. E. (January, 2014). Environmental hazards associated with pesticide import into Costa Rica, 1977-2009. *Journal of Environmental Biology* 35, 43-55. Disponible en: http://jeb.co.in/journal_issues/201401_jan14_spl/paper_06.pdf.
- De la Cruz, E.; Pinnock, M.; Echeverría, S.; Mena, F.; Ruepert, C. y Ugalde, R. (2012). *Impacto de los plaguicidas en el recurso hídrico de la zona baja de la cuenca del río Tempisque (Palo Verde) Costa Rica. Bases científicas para la gestión ambiental sostenible*. Costa Rica: Iret, Universidad Nacional.
- De la Cruz, E.; Ruepert, C.; Wesseling, C.; Monge, P.; Chaverri, F.; Castillo, L. y Bravo, V. (2004). *Los plaguicidas de uso agropecuario en Costa Rica: Impacto en la salud y el ambiente*. Costa Rica: Iret, Universidad Nacional.
- Di Bernardo Dantas, A.; Paschoalato, C. F. R.; Martínez, M. S.; Ballejo, R. R. y Di Bernardo, L. (2011). Removal of diuron and hexazinone from guarany aquifer groundwater. *Braz. J. Chem. Eng.* 28(3) 415-424.
- Donaty, L. y Funari, R. (1993). Review of leaching characteristic of triazines and their degradation products. *Ann. Ist. Sanità* 29(2), 225-241.
- Echeverría, S.; Mena, F.; Pinnock, M.; Ruepert, C.; Solano, K.; de la Cruz, E.; Campos, B.; Sánchez-Ávila, J.; Lacorte, S. y Barata, C. (2012). Environmental hazards of pesticides from pineapple crop production in the Río Jimenez watershed (Caribbean Coast, Costa Rica). *Sci Total Environ.* 440, 106-114.
- El Bouraie, M. M.; El Barbary, A. A. y Yehia, M. M. (2011). Examining the Concentration of Organonitrogen Pesticides in Water at Nile Delta, Egypt. *Iranica Journal of Energy & Environment* 2(4), 331-338.
- Environmental Protection Agency. (1998). *Pesticide Fact Sheet: Isoxaflutole*. USA: EPA, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. Disponible en <http://www.epa.gov/oppsrrd1/Rainbow/98rainbo.pdf>.
- Environmental Protection Agency. (2006). *Chemicals Evaluated for Carcinogenic Potential*. USA: Information Management Branch Health Effects Division Office of Pesticide Programs U.S. Environmental Protection Agency. Disponible en http://npic.orst.edu/chemicals_evaluated.pdf.
- Estévez, E.; Cabrera, M. del C.; Molina-Díaz, A.; Robles-Molina, J. y Palacios-Díaz, M. del P. (Setiembre, 2012). Screening of emerging contaminants and priority substances (2008/105/EC) in reclaimed water for irrigation and groundwater in a volcanic aquifer (Gran Canaria, Canary Islands, Spain). *Sci Total Environ.* 433, 538-546. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22858460>.
- Fluoride Action Network. (2007). *Adverse effects fluorinated and fluoride pesticides*. Pesticide Project. Disponible en <http://www.fluoridealert.org/pesticide/adverse.html>
- Footprint. (2006). *Footprint Pesticide Properties Database*. Reino Unido: Database collated by the University of Hertfordshire as part of the EU-funded FOOTPRINT project (FP6-SSP-022704). Disponible en <http://www.eu-footprint.org/ppdb.html>.
- García, A. M. (2003). Pesticide exposure and women's health. *American Journal of Industrial Medicine* 44, 584-590.
- Herrera, G. y Bravo, V. (2010). *Uso de plaguicidas en caña de azúcar cultivada en el área de influencia del Parque Nacional Palo Verde*. Costa Rica: Iret, Universidad Nacional. http://www.pan-uk.org/PDFs/List%20of%20Lists_2009.pdf
- Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (Istas). (2007). *Base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas (Risctox)*. España: Conferencia Sindical de Comisiones Obreras. Disponible en <http://www.istas.net/risctox>
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2009). *Agent reviewed by the IARC monographs*. Francia: IARC Volumes 1-100. Disponible en <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/Listagentsalphorder.pdf>
- Jacomini, A. E.; de Camargo, P. B.; Avelar, W. E. P. y Bonato, P. S. (2009). Determination of Ametryn in River Water, River Sediment and Bivalve Mussels by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *J. Braz. Chem. Soc.* 20 (1), 107-116.
- Jayasumana, Ch.; Gunatilake, S. y Senanayake, P. (2014). Glyphosate, Hard Water and Nephrotoxic Metals: Are They the Culprits Behind the Epidemic of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology in Sri Lanka? *Int. J. Environ. Res. Public Health* 11(2), 2125-2147. Disponible en <http://www.mdpi.com/1660-4601/11/2/2125>.
- Keizer, J. P.; McQuarrie, K. T. B.; Milburn, P. H.; McCulli, K. V.; King, R. R. y Embleton, E. J. (2001). Long term ground water quality impacts from the use of hexazinone for the commercial production of lowbush blueberries. *GWMM* 21, 128-135.
- Lee, R.; Abdel-Saheb, I. y Brethaupt, J. (2001). *Environmental Risk Assessment for the registration of Diuron*. USA: RED case 818790. Environmental fate and Effects Division (EFFED). U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC. Office of Prevention, Pesticide and Toxic Substances.
- Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (Laica). (2013). *Resultados agroindustriales finales de la zafra 2012 - 2013*. Costa Rica: Laica. Disponible en <http://www.laica.co.cr/media/docs/estadisticas/Zafra2012-2013.pdf>.
- Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (Laica). (2015). *Principales zonas productoras de caña de azúcar*. Costa Rica: Laica. Disponible en <http://www.laica.co.cr/regiones.php>
- Madrigal, R. y Rojas, E. (1980). *Mapa Geomorfológico de Costa Rica*. Escala 1: 200.000. Hoja Nicoya CR2CM-4. Edición 1-IGNCR. Costa Rica: Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria.
- Ministerio de Salud. (2014). *Memoria Institucional del Ministerio de Salud periodo 2010 - 2014*. Costa Rica: Ministerio de Salud. Disponible en http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/memorias/memoria2014/UMI_memoria_institucional_2010_2014.pdf.
- Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. (1998). *Lista provisoria de plaguicidas registrados en Chile que están prohibidos o severamente restringidos por gobiernos y sus efectos sanitarios y ambientales*. Disponible en <http://www.olca.cl/oca/plaguicidas/plag03.htm>.
- Orme, S. y Kegley, S. E. (2006). *Pesticide Database. North America: Pesticide Action Network PAN San Francisco*. Disponible en <http://www.pesticideinfo.org>
- Pesticide Action Network-UK. (2009). *The list of lists. A catalogue of lists of pesticides identifying those associated with particularly harmful health or environmental impacts*. London: Briefing paper.
- Quednow, K. y Püttmann, W. (2007). Monitoring terbutryn pollution in small rivers of Hesse, Germany. *Environ. Monit* 9, 1337-1343.
- Ramírez, F. y Bravo, V. (2010). *Diagnóstico de uso de plaguicidas en caña de azúcar*. Costa Rica: Iret, Universidad Nacional.
- Ramírez, F.; de la Cruz, E.; Berrocal, S. y Bravo, V. (2014). *Importación de plaguicidas por habitante*

total, habitante rural, trabajador agrícola y área agrícola como herramienta para el monitoreo de peligros en la salud y el ambiente. *Costa Rica, 2000-2012*. En http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental.

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (Sepsa). (2011). *Boletín Estadístico Agropecuario* 16. Costa Rica: Sepsa.

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (Sepsa). (2014). *Boletín Estadístico Agropecuario* 24. Costa Rica: Sepsa.

Terrado, M.; Barceló, D. y Tauler, R. (2010). Multivariate curve resolution of organic pollution patterns in the Ebro River surface water-groundwater-sediment-soil system. *Analytica Chimica Acta* 657, 19-27.

Trejos, M. E. (2014). *Afectación de la salud por el uso de plaguicidas y exposición al calor extremo en trabajadores de caña*. Costa Rica: Presentación Power Point. Departamento de Vigilancia Epidemiológica del Ministerio de Salud.

U.S. Environmental Protection Agency. (2004). *Integrated Risk Information System*. USA: EPA. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/>.

U.S. Geological Survey. (1998). *Water quality in the San Joaquin-Tulare Basins, California: 1992- 1995*.

USA: Geological Survey Circular 1159. Disponible en <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1159/circ1159.pdf>.

University of Hertfordshire. (2015). *Footprint pesticide properties database*. Gran Bretaña, Reino Unido: Sitio web del Proyecto Huella. Unidad de Investigación en Medio Ambiente y Agricultura, Universidad de Hertfordshire. Disponible en <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>.

Velisek, J.; Stara, A.; Kolarova, J. y Svobodova, Z. (2011). Biochemical, physiological and morfological responses in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after long-term exposure to terbutryn in real environmental concentration. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 100, 305-313.

Vitanov, N. K.; Lekova, K. I. y Dobreva, N. I. (2003). Monitoring river water in the lower Danube for atrazine contamination. *Acta Chromatographica* 13, 230-242.

Wentz, D. A.; Bonn, B. A.; Carpenter, K. D.; Hinkle, S. R.; Janet, M. L.; Rinella, F. A.; Uhrich, M. A.; Waite, I. R.; Laenen, A. y Bencala, K. E. (1998). *Water Quality in the Willamette Basin, Oregon, 1991-1995*. U.S.A.: Geological Survey Circular 1161. Disponible en <http://water.usgs.gov/pubs/circ1161.pdf>.



Ingeniero agrónomo. Investigador en la Universidad Nacional (fernando.ramirez.munoz@una.cr).



Ingeniera forestal y especialista en gestión y estudios ambientales. Investigadora y docente en la Universidad Nacional (virya.bravo.duran@una.cr).



Ingeniero agrónomo y especialista en gestión y estudios ambientales. Investigador en la Universidad Nacional (gustavohledezma@hotmail.com).



Bióloga especialista en ecotoxicología. Investigadora y docente en la Universidad Nacional (elbamd@gmail.com).

Sustancias biocidas en la producción de caña de azúcar en Costa Rica

..... **Fernando Ramírez, Virya Bravo, Gustavo Herrera y Elba de la Cruz**



La caña de azúcar es uno de los cultivos que, en Costa Rica, ha mantenido en constante crecimiento sus áreas de producción, especialmente en años recientes. Según datos de Sepsa (2014), 2013 es el año que representa el record histórico del área cultivada de caña en el país: 63.316 ha, 26,7 % más que hace 10 años, cuando apenas se cultivaban 50.000. Es, de hecho, el tercer cultivo en área agrícola, después del café y la palma africana, y por encima del arroz, la piña y el banano.

El uso de plaguicidas en caña es cercano a los 10 kg ingrediente activo (i.a.)/ha/año, el cual se puede considerar como un uso medio, si se compara con otros cultivos que utilizan grandes cantidades de i.a./ha/ciclo, como ciertas hortalizas: papa: 42,6, tomate: 46,6, melón: 60,5, banano: 50,0, piña: 25,0; y otros de uso bajo como cítricos: 5,5, café: 3,7 y palma africana: 6,6 (Bravo et al., 2014; Ramírez et al., 2013). Los principales i.a. aplicados en el cultivo son herbicidas, en una cantidad mucho menor los insecticidas y, de forma puntual y excepcional, algunos fungicidas, esto debido a la disponibilidad de variedades



Volver al índice



F. Ramírez. Equipo de fumigación operando en cañaveral, Guanacaste.

tolerantes a las enfermedades de importancia económica y al uso de controladores biológicos para el combate de las principales plagas (Alfaro, 2013).

La caña, junto con el arroz, es uno de los cultivos agrícolas que cuentan con más variedad de ingredientes activos de herbicidas registrados (SFE, 2015). 2,4-D, diuron, ametrina, terbutrina, pendimetalina y hexazinona son los más importantes por volumen de uso. También se usa glifosato, paraquat, isoxaflutole, picloram, trifloxisulfuron, halosulfuron y metsulfuron metilo. Existe otro número grande de herbicidas que, si bien están registrados para usarse en caña, su utilización es esporádica: clomazone, atrazina, metolaclor, simazina, metribuzin, asulam, dicamba, acetoclor, MSMA, imazapir y glufosinato de amonio. Un herbicida que se ha registrado en otros países centroamericanos y del Caribe es indaziflam, de la familia de las triazinas, aún sin autorizar su uso en Costa Rica.

Contar con una gran variedad de sustancias herbicidas que permitan mezclar e intercalar su uso, sumado a las facilidades para la rotación del cultivo, al manejo del agua como control cultural de malezas y a la maquinaria agrícola para control mecánico, hace que la presión de selección de resistencia a malezas se minimice.

Otro tipo de plaguicidas utilizados en este cultivo son las sustancias maduradoras, aplicadas con el objetivo de detener el crecimiento vegetal y acelerar la acumulación de carbohidratos (Subirós, 2011). Especialmente se aplica el herbicida glifosato vía aérea en dosis relativamente bajas (0,28 kg i.a./ha), cercanas a 1/3 de la dosis normal como herbicida, de siete a ocho semanas antes de la cosecha, solo o mezclado con fertilizantes altos en potasio o boro, con el fin de poder reducir la dosis del herbicida a la mitad y así evitar el daño a la cepa de caña. Una alternativa reciente al glifosato como madurador es el herbicida regulador de crecimiento trinexapac-etil.

Este cultivo es uno de los más exitosos en cuanto a aplicación de medidas de control biológico, especialmente para su principal plaga, el barrenador del tallo. La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar y la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar mantienen un programa de producción y liberación de parasitoides de esta plaga que ha hecho posible que el uso de insecticidas sea mínimo. También se utilizan los insecticidas biológicos *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Bacillus thuringiensis* y el nematocida microbiológico *Paecilomyces lilacinus* (Subirós, 2011). Lo anterior ha hecho que los insecticidas sean usados en áreas reducidas, en condiciones especiales de ataque de ciertas plagas y para tratar semilla, principalmente cuando se utiliza sembradora mecánica. Los insecticidas más usados son terbufos, clorpirifos, malation, cipermetrina, foxim, permetrina, deltametrina e imidacloprid. También están registrados algunos otros con un uso menor: diazinon, etoprofos, carbofuran, triadimenol y forato. Dos insecticidas registrados para caña se han prohibido, ambos en el año 2007: metil paration y monocrotofos; a otros, como metoxiclor y endosulfan, se les ha cancelado el registro por proceso de reválida (no presentar la documentación completa) en el año 2013 (SFE, 2015).

La caña es uno de los cultivos que utiliza mayor cantidad de rodenticidas, especialmente en ciertas áreas y años. Estos i.a. poseen alta toxicidad aguda pero sus formulaciones contienen bajos

porcentajes de la sustancia biocida. Los utilizados son coumatetralil, brodifacouma, flocoumafen y difetialona. Existe además otro i.a. registrado para caña de azúcar: difacinona (SFE, 2015).

Otro grupo de plaguicidas utilizados en caña son los reguladores de crecimiento, como el ácido giberélico, que se utiliza como tratamiento de inmersión de semilla para estimular brotación, y el etefón como sustancia de tipo hormonal para evitar la floración.

Además de las restricciones legales que cada país tiene en cuanto a importación, registro, venta y uso de sustancias agroquímicas, existen otras de carácter no obligatorio pero sí consensuadas por las partes o Gobiernos. Estas son los convenios internacionales que tienen que ver con sustancias peligrosas utilizadas en agricultura y otras actividades. Así, relacionado con las sustancias que se utilizan en el cultivo de la caña de azúcar, tenemos el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que regula aquellas sustancias con características de alta toxicidad, alta persistencia y alta distribución global, como es el caso del endosulfan, un organoclorado que está muy pronto a tener una prohibición nacional y global. Otro es el Convenio de Rotterdam, que regula formulaciones de plaguicidas y productos peligrosos objeto del comercio internacional, como es el caso del herbicida paraquat, cuyas formulaciones son altamente peligrosas para la salud humana



F. Ramírez. Equipo de fumigación operando en cañaveral, Guanacaste.

y ambiental con características de alta toxicidad aguda y crónica (Isenring 2006).

En años recientes se ha acuñado el término *plaguicidas altamente peligrosos* (PAP, o HHP por sus siglas en inglés), el cual es impulsado por la Agencia para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas, la Organización Mundial de la Salud y la red Pesticide Action Network (Fao, 2015). Estas organizaciones consideran que un plaguicida es altamente peligroso si tiene una de las siguientes características:

- toxicidad aguda alta (incluyendo toxicidad por inhalación),
- efectos tóxicos de largo plazo por exposición crónica (carcinogenicidad, mutagenicidad, toxicidad reproductiva, alteración endocrina) incluso a bajas dosis,

- alta preocupación ambiental, ya sea por exposición generalizada, bioacumulación o Toxicidad,
- se sabe que causa una alta incidencia de efectos graves o irreversibles en la salud humana o el ambiente.

De los plaguicidas usados en la actualidad en caña, la mayoría cumplen con las anteriores características. Los herbicidas 2,4-D, terbutrina, pendimetalina, diuron, paraquat, isoxaflutole, picloram y metsulfuron metilo se consideran PAPs. Además de lo anterior, otros herbicidas usados en las zonas cañeras de Costa Ricas, como ametrina, diuron, hexazina y paraquat, han sido prohibidos en la Unión Europea por estar asociados a un daño particular a la salud humana o a un impacto ambiental (Pan, 2009). Por la misma razón, los siguientes insecticidas y nematocidas se consideran PAPs:

terbufos, clorpirifos, malation, cipermetrina, permetrina y deltametrina y, además, dentro de la misma acción biocida, malation, permetrina y clorpirifos se encuentran prohibidos en la Unión Europea. El fungicida folpet, así como todos los roenticidas utilizados en caña de azúcar, también se consideran PAPs.

A pesar de que en el cultivo de caña de azúcar no se da un uso de plaguicidas relativamente alto, se utiliza una gran variedad de sustancias agrotóxicas, especialmente en herbicidas. Las respuestas toxicológicas a las sustancias plaguicidas siempre se han calculado con base en la molécula individual, pero la realidad de aplicación en el campo es otra. En caña de azúcar es común utilizar mezclas de diferentes i.a., coadyuvantes, acondicionadores de agua, tanto preparadas en formulaciones comerciales como en mezcla de tanque, además de fertilizantes, cenizas y fuentes de materia orgánica aplicados. Esto puede variar el escenario al que nos enfrentamos cuando se hacen estudios sobre efectos en salud y ambiente, debido a las reacciones que se podrían dar entre diferentes sustancias químicas.

Asimismo, hay que tomar en cuenta otros factores que podrían afectar el comportamiento de estas sustancias en el medio, como la composición mineral del suelo, especialmente con altos contenidos de cationes, y los procesos de quema de cañales con altas temperaturas concomitantes que podrían transformar ciertas sustancias en moléculas más tóxicas, como las dioxinas,

sustancias persistentes con gran toxicidad crónica para los humanos.

Referencias

- Alfaro, R. (2013). *Herbicidas asociados a la caña de azúcar y su potencial de contaminación del medio ambiente*. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar y Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Programa Agronomía. Costa Rica. 63p.
- Bravo, V., de la Cruz, M., Herrera, G. y Ramírez, F. (2013). Uso de plaguicidas en cultivos agrícolas como herramienta para el monitoreo de peligros en salud. *Uniciencia* V 27 N°1 enero-junio. 351-376 pp.
- Fao. (2015). *Highly Hazardous Pesticides (HHP)*. Disponible (febrero 2015) en <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/hhp/en/>.
- Isenring, R. (2006). *Paraquat, riesgos inaceptables para la salud de los usuarios*. John Madeley Edit. Berne Decaration, PAN UK, IRET- RAPAL. 103 p
- Pan (Pesticide Action Network). (2009). *The List of Lists*. 3rd edition. UK. Disponible (febrero 2015) en <http://www.pan-uk.org/List%20of%20Lists.html>.
- Ramírez, F., Fournier, M. L., Ruedert, C. y Hidalgo, C. (2014). Uso de agroquímicos en el cultivo de papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 25(2):337-345.
- Sepasa. (2014). *Boletín Estadístico Agropecuario* 24. Serie Cronológica 2010-2013. San José: Departamento de Comunicaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/BEA/BEA24.pdf>.
- SFE. (2015). *Centro de Consulta de Insumos*. Disponible (20-2-2105) en <http://www.sfe.go.cr/insumosys/Principal.htm>.
- Subirós, F. (2011). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José: Euned. 448p.



Letalidad del fuego y el humo en la zafra cañera

..... || **Carolina Rugeles** ||

Ingeniera agrónoma.
Trabajadora
voluntaria en la
organización Aire
Limpio Vida Sana
(airelimpiovidasana@
yahoo.com).



El aire, recurso básico para la vida, se ve violentado en el mundo y en Costa Rica por la alta emisión de aerosoles (partículas de entre 0,002 μm hasta más de 100 μm) y gases contaminantes provenientes de la combustión incompleta en motores, de las quemaduras agrícolas, de incendios forestales, de quemaduras de leña en estufas, etc. El aire transporta estas partículas y las deposita en fuentes de agua, pastos y productos agrícolas, afectando al ser humano a través de la alimentación y la respiración. Actualmente, la contaminación ambiental, de origen humano o natural (volcanes, polvo, polen, hongos, etc.), es la causante de al menos 33 % de las enfermedades humanas (Posada, 2009).

La agricultura que sigue utilizando la antigua técnica de roza o fuego ya no es acorde con la creciente población y el actual desarrollo urbano y rural (Gliessman, 1998). El empleo del fuego y la tala de bosques en la agricultura nació por la necesidad de preparar terrenos y garantizar la alimentación en épocas sin industria. Pero el fuego es una de las fuentes más importantes de perturbación del ambiente y la salud humana; acaba con especies vegetales

dominantes, moviliza animales, reduce el pH de los suelos a valores por debajo de 4, acaba con la microfauna, regresa tan solo algunos pocos minerales al suelo, permite la lixiviación o pérdida de la capacidad de retención de minerales y, por lo tanto, empobrece los suelos. Por todo ello, ahora se vuelve imperativo el desarrollo de una agricultura sostenible, integrada a las condiciones actuales de vida, respetando al ser humano y su entorno, garantizando un espacio para todo y para todos, donde prime el manejo integral de residuos y su aprovechamiento como compostaje.

En Costa Rica, al igual que en los demás países tropicales, el uso del fuego en la agricultura es permanente, pese a los varios tratados gubernamentales e internacionales existentes y a las bien argumentadas protestas ambientalistas. Ante eso, y desde hace ya tres años, ciudadanos voluntarios de diferentes comunidades han conformado grupos activistas -como los llamados Aire Limpio Vida Sana y Confraternidad Guanacasteca- para no solo solicitar un cambio en el artículo 24 de la ley de quemaduras n° 7779, de 1998, sino también para divulgar y llamar a la toma de conciencia de la problemática del aire. Y es que, pese a que Costa Rica ha firmado la paz con la naturaleza, que se ha propuesto alcanzar la carbono neutralidad en 2021 y que cuenta con una ley modelo para la sostenibilidad ambiental -la Ley Orgánica del Ambiente-, sigue permitiendo las quemaduras en las plantaciones de caña.

En 2012, 2.000 millones de personas en el mundo quemaban diariamente

biomasa; 20 millones de hogares en Centroamérica cocinaban en estufas de leña encendidas con plásticos (Wang et al., 2012); el 31,8 % de las viviendas costarricenses en el área rural y 2,4 % en el área urbana quemaban en promedio 473 ton de basura diaria, agravando la contaminación, el calentamiento global y la salud humana. En Costa Rica, en 2012-2013, de las 7.000 ha de bosque perdido en 105 parques el 95 % fue por causa de incendios generados por el descuido de quienes hacen las quemaduras agrícolas y de pasto, por venganzas, por vandalismo y cacería y por la quema de basuras y hojas secas. En ese periodo, por lo menos el 70 % de las 53.700 ha de caña de azúcar se cosecharon con quema. Según el Cuerpo de Bomberos, en 2014 ellos tuvieron que acudir a 10.453 alertas de incendio, mientras que en 2012 las emergencias fueron 7.315.

Según estudios en Colombia, la quema de una hectárea de caña produce 1,3 ton de monóxido de carbono en 20 minutos entre quema y requema (Molina, 1989), lo que significaría que en Costa Rica se genera, aproximadamente, 70.884 ton de monóxido de carbono durante el verano únicamente por causa de la recolección de caña con quema. A lo que se suman las quemaduras de miles de hectáreas en bosques y en terrenos agrícolas (arroz, piña, pastizales, charrales...). Y quedan sin estimar las toneladas de oxígeno consumido por la combustión mencionada.

La época de mayor emisión de aerosoles es el verano (diciembre-mayo), cuando las plantas entran en "dormancia" por



Volver al índice

las altas temperaturas, han perdido las hojas y están en floración o, simplemente, como en el caso de la caña, no existen, porque han sido cosechadas. Es la época de los vientos, por lo que las partículas y gases se dispersan con mayor facilidad afectando una mayor porción de espacio y población, y permanecen flotando en el ambiente hasta por más de 250 días después de la zafra.



Miramar al Grano. Quema de cañaveral, Guanacaste.

Partículas PM10 y PM2,5, así como partículas ultrafinas, unidas a los gases, llegan directamente al torrente sanguíneo a través de los alvéolos pulmonares, cargadas de toxinas, bacterias y virus, causando graves problemas de salud: cánceres de piel y pulmón, ceguera prematura, afecciones cerebrales, respiratorias, gástricas, circulatorias, además de irritabilidad, cansancio, trastornos psicósomáticos y deficiencias en el aprendizaje.

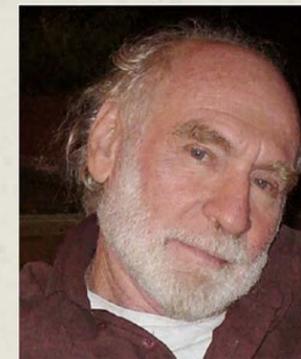
Aparte de las partículas, las quemadas de biomasa liberan gases enriquecidos con nitrógeno, azufre y carbono que, con la luz y la humedad ambiental, se descomponen en ácidos, causando una permanente causticidad en los seres vivos. Se afectan las vías respiratorias y la piel, causando síntomas similares a los de un fuerte resfriado.

Las estadísticas médicas de la empresa Innovaplant de Costa Rica, en Sarquí Norte, indican que el 43 % de la consulta médica empresarial entre 2011 y 2012 obedeció a problemas respiratorios.

Consonantemente, se reporta que en Venezuela, durante la zafra de caña la bronquitis se incrementa en 59 %, la neumonía en 57 % y el asma en 56 % (Hernández, 1995).

Referencias

- Gliessman, S. R. (1998). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. En Gliessman, S. R. & Torrealba, L. (Ed.), *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: Sleeping Bear press.
- Hernández, Y. (1995). *Efecto de la quema de caña de azúcar sobre la incidencia de enfermedades respiratorias en dos localidades del Estado de Aragua, Venezuela*. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1302/texto/quema.htm
- Molina, E. (1989). <http://www.monografias.com/trabajos65/sistemas-cosecha-azucar/sistemas-cosecha-azucar2.shtml#xbibl>.
- Posada, S. E. (octubre de 2009). <http://es.slideshare.net/seposada/humo-y-enfermedad>.
- Wang, X. et al. (2012). *¿Qué hemos aprendido del uso de biomasa para cocinar en América Central?* Banco Mundial.



Presidente de la Asociación Confraternidad Guanacasteca.

..... || **Gadi Amit** ||

El fin de las quemadas en los cultivos de caña



En 2002, Confraternidad Guanacasteca ganó un recurso de amparo contra Central Azucarera del Tempisque (Catsa). Entonces, la Sala Constitucional (voto 4947-02) ordenó “en el plazo improrrogable de 10 meses ... dar solución al problema” de las quemadas de caña... Han pasado más de 10 años de comisiones y declaraciones...

Confraternidad Guanacasteca siguió la lucha. Perdió varias batallas. Pero en estos días obtuvimos el claro apoyo de la Procuraduría General de la República, abogado oficial del Estado costarricense. Esa entidad, en un texto largo, riguroso y acompañado de documentos, analiza el aspecto jurídico de las quemadas y los diversos impactos al ambiente y a la salud humana. El pasaje final del pronunciamiento de la Procuraduría literalmente dice:

Conclusión

El artículo 24 de la Ley n° 7779 y la normativa reglamentaria que regula el procedimiento para solicitar y otorgar los permisos de quemadas agrícolas controladas, decreto No. 35368, es inconstitucional por omitir una



Volver al índice

evaluación del impacto ambiental y, con ello, quebrantar lo dispuesto en los artículos 21 y 50 constitucionales, principios del mismo rango, y numerales 10 y 11 del Protocolo a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en Materia de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 'Protocolo de San Salvador' (Ley n° 7907 de 3 de setiembre de 1999).

17 de setiembre de 2013

Ana Lorena Brenes Esquivel

Procuradora General de la República

La Procuraduría llega a la anterior conclusión después de un exhaustivo análisis de la legislación vigente en Costa Rica. Lamentablemente, la Sala Constitucional votó ese expediente y quedó dividida en 4 votos contra 3. Esa resolución aún no ha sido notificada y deberá estudiarse con amplitud, tanto el voto de mayoría como el de minoría.

Hasta ahora, el poderoso sector cañero quema cada año miles de hectáreas para bajar costos y aumentar ganancias. La Secretaría Técnica Nacional del Ambiente, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Ambiente cierran los ojos y pocos somos los que protestamos y llamamos la atención.

Las quemadas equivalen a presencia de fuego y todos sabemos que el fuego es peligroso y destructivo. Y hay un acompañante: los gases generados por esas quemadas: un coctel –de miles de toneladas– de grandes alcances. Se le investiga

como causa de enfermedades respiratorias, renales y otras. Gases de efecto invernadero, con dioxinas y demás venenos de transmisión aérea. La muerte de pájaros, insectos y animales terrestres de todo tipo y tamaño es más que evidente y comprobada.

Ha llegado el momento de aplicar las normas legales también al poderoso sector cañero. Lo mínimo a exigirles, como lo hace la Procuraduría, es un estudio de impacto ambiental, que posiblemente nunca sea aprobado y, con ello, se terminen las quemadas.



Fernando Ramírez. Quema de cañaveral, Guanacaste.

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

1. Modo de entrega

El artículo ha de ser presentado en Word y entregado vía internet.

2. Tamaño, elementos gráficos y separaciones internas

El artículo no debiera exceder las 2.000 palabras (se considera excepciones). Cada figura e ilustración que contenga debe ser entregada en alta resolución. Es importante que en el texto se señale, entre corchetes, los lugares en que deben aparecer.

Asimismo, se requiere una fotografía del rostro del autor. Los cuadros sí pueden ser incluidos en el mismo archivo del texto en Word.

Ambientico no usa subtítulos para destacar apartados, sino que, donde claramente se cierra o suspende un tema para pasar a otro, se deja un doble espacio antes del párrafo siguiente.

3. Citas textuales

Las citas textuales, que se ruega no excedan las 60 palabras, no han de ponerse en cursivas, ni usando sangría ni en párrafo aparte, sino entrecomilladas, y entreveradas en el texto.

4. Referencias bibliográficas

A partir del *Manual de la American Psychological Association (APA)* (2010), seguimos los siguientes lineamientos respecto a citación de fuentes bibliográficas. Hay dos modalidades de presentación de las referencias bibliográficas intercaladas en el texto. En una, el autor/a citado es el sujeto de la oración; en la otra, el autor citado, en tanto tal, no es parte de la oración, sino que lo que es parte de la oración es solo lo dicho o aportado por él. Ejemplo del primer caso: "... Acuña (2008) asegura que el sistema de áreas protegidas...". Ejemplo del segundo: "... Los problemas ambientales han resultado el principal foco de conflicto (Morales, 2009)...".

Obra con un autor

Entre paréntesis, se coloca el apellido del autor al que se hace referencia, separado por una coma del año de publicación de la obra. Ejemplo: "... (Pacheco, 1989) ...".

Obra con más de un autor

Cuando la obra tiene dos autores, se cita a ambos, separados por la conjunción "y". Ejemplo: "... (Núñez y Calvo, 2004) ...". Cuando la obra es de más de dos autores, se cita a todos en la primera referencia pero, posteriormente, solo se coloca el apellido del primer autor seguido de "et al.", sin cursiva y con punto después de la contracción "al". Ejemplo: "... (Pérez, Chacón, López y Jiménez, 2009) ..." y, luego: "... (Pérez et al., 2009) ...".

Obra con autor desconocido o anónimo

Si la obra carece de autor explícito, hay que consignar en vez de él, y entre comillas, las primeras palabras del título (entre paréntesis). Ejemplo: "... ("Onu inquieta", 2011)

..."; o, alternativamente, el nombre de la obra y, después de una coma, la fecha de publicación. Ejemplo: "... *La Nación* (2011) ...".

Solo cuando se incluye una cita textual debe indicarse la(s) página(s). Ejemplo: "... (Pérez, 1999, p. 83) ...".

5. Presentación de las obras referenciadas

Al final del artículo, debajo del subtítulo **Referencias**, habrá de consignarse todas las obras referenciadas, en letra de tamaño menor a la del texto.

Libro

Primero se anotará el apellido del autor, luego, precedido de una coma, la inicial de su nombre; después, e inmediatamente luego de un punto, el año de publicación de la obra entre paréntesis; seguidamente, y en cursivas, el título de la obra; posteriormente, y después de un punto, el lugar de publicación de la obra (si la ciudad es internacionalmente conocida no hace falta señalar el país, pero, si no, solo se consigna el país), y, finalmente, precedido por dos puntos, el nombre de la editorial. Ejemplo: Pérez, J. (1999) *La ficción de las áreas silvestres*. Barcelona: Anagrama.

Artículo contenido en un libro

En este caso, se enuncia el apellido del autor seguido de una coma, luego se pone la inicial del nombre de pila seguida de un punto; inmediatamente, entre paréntesis, la fecha. Enseguida ha de ponerse la preposición "En", y, luego, el apellido seguido de una coma y la inicial del nombre de pila del editor o compilador de la obra; indicando a continuación entre paréntesis "Ed." o "Comp.", como sea el caso; inmediatamente se señala el nombre del libro en cursivas y, entre paréntesis, las páginas del artículo precedidas por la abreviatura "p." o "pp." seguido de un punto; posteriormente, el lugar de publicación de la obra, y, precedido por dos puntos, la editorial. Ejemplo: Mora, F. (1987). Las almitas. En Ugalde, M. (Ed.) *Cuentos fantásticos* (pp. 12-18). Barcelona: Planeta.

Artículo contenido en una revista

En este caso, se indica el apellido del autor y, luego precedido por una coma, se coloca la letra inicial de su nombre de pila; luego de un punto, y entre paréntesis, la fecha; después el título del artículo y un punto. Enseguida, va el nombre de la revista, en cursivas; inmediatamente, se indica el número de la edición o del volumen separado por una coma de las páginas que constituyen el artículo, luego se coloca el punto final. Ejemplo: Fernández, P. (2008, enero) Las huellas de los dinosaurios en áreas silvestres protegidas. *Fauna prehistórica* 39, 26-29.

Artículo contenido en un periódico

Si la referencia fuera a un diario o semanario, habría de procederse igual que si se tratara de una revista, con la

diferencia de que la fecha de publicación se consignará completa iniciando con el año, separado por una coma del nombre del mes y el día, todo entre paréntesis. Antes de indicar el número de página, se coloca la abreviatura “p.” o “pp.”. Ejemplo: Núñez, A. (2017, marzo 16). Descubren vida inteligente en Marte. *La Nación*, p. 3A.

Material en línea

En caso de que el artículo provenga de un periódico o una revista en línea, se conserva el formato correspondiente y, al final, se coloca la frase “Disponible en” seguido de la dirección electrónica, sin punto al final. Ejemplo: Brenes, A. y Ugalde, S. (2009, noviembre 16). La mayor amenaza ambiental: dragado del río San Juan afecta el río Colorado y los humedales de la zona. *La Nación*. Disponible en: http://www.nacion.com/ln_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html

Autores múltiples

Cuando el texto referenciado tenga dos autores, el apellido de cada uno se separa con una coma de la inicial de su nombre de pila; además, entre un autor y otro se pondrá la conjunción “y”. Ejemplo: Otárola, A. y Sáenz, M. (1985). *La enfermedad principal de las vacas*. San José: Euned. Tratándose de tres o más autores, se coloca el apellido de cada autor separado por una coma de la inicial de su nombre de pila, luego de la que va un punto; y, entre uno y otro autor media una coma. Antes del último autor se coloca la conjunción “y”. Ejemplo: Rojas, A., Carvajal, E., Lobo, M. y Fernández, J. (1993). *Las migraciones internacionales*. Madrid: Síntesis.

Sin autor ni editor ni fecha

Si el documento carece de autor y editor, se colocará el título del documento al inicio de la cita. Al no existir una fecha, se especificará entre paréntesis “s.f.” (sin fecha). La fuente se indica anteponiendo “en”.

En caso de que la obra en línea haga referencia a una edición impresa, hay que incluir el número de la edición entre paréntesis después del título. Ejemplo: Heurístico. (s.f.). En diccionario en línea Merriam-Webster’s (ed. 11). Disponible en <http://www.m-w.com/dictionary/heuristic>. Otro ejemplo: Titulares Revista Voces Nuestras. (2011, febrero 18). *Radio Dignidad, 185*. Disponible en http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=44 Puede utilizarse corchetes para aclarar cuestiones de forma, colocándolos justo después del título, y poniendo en mayúscula la primera letra: [Brochure], [Podcast de audio], [Blog], [Abstract], etcétera. Ejemplo: Cambroner, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. Disponible en <http://www.fusildechispas.com>

6. Comunicaciones personales o entrevistas

La mención en el texto de comunicaciones personales o entrevistas se hará así: luego de una apertura de paréntesis se consigna la inicial del nombre de pila del entrevistado, después se coloca un punto y, enseguida, el apellido del entrevistado. A continuación, se pone una coma y, posteriormente, la frase “comunicación personal”; luego se coloca el nombre del mes y el día, que se separa con una coma del año

en que se efectuó la comunicación; finalmente, se pone el paréntesis de cierre. Ejemplo: “... (L. Jiménez, comunicación personal, septiembre 28, 1998) ...”.

Las comunicaciones personales no se consignan en la sección de Referencias.

7. Notas a pie de página

Podrá usarse notas a pie de página para aclarar o ampliar información o conceptos, pero solo en los casos en que, por su longitud, esos contenidos no puedan insertarse entre paréntesis en el texto.

8. Uso de cursivas y de comillas

Se usará cursivas –nunca negritas ni subrayado– para enfatizar conceptos. Vocablos en otras lenguas no aceptados por la Real Academia Española de la Lengua, y neologismos, han de escribirse también en cursivas. Asimismo, irán en cursivas nombres de obras de teatro y cinematográficas, de libros, de folletos, de periódicos, de revistas y de documentos publicados por separado. Capítulos de libros y artículos de publicaciones periódicas se pondrán entrecomillados.

9. Uso de números y unidades de medida

Cuando las cantidades sean escritas numéricamente ha de usarse un punto para separar los grupos de tres dígitos en la parte entera del número. Antes de los decimales ha de usarse coma (¡atención en los cuadros!).

Las unidades de medida, en caso de consignarse abreviadamente, habrán de escribirse en singular y en minúsculas.

10. Uso de acrónimos

Los acrónimos lexicalizados (convertidos en palabra) y devenidos nombres propios (como Unesco y Minae, por ejemplo) se escriben con solo la letra inicial en mayúscula. Los acrónimos lexicalizados que son nombres comunes (como ovni, oenegé y mipyme, por ejemplo) se escriben con todas las letras minúsculas. Los acrónimos no lexicalizados y que, por tanto, se leen destacando cada letra por separado (como UCR y EU, por ejemplo), se escriben con todas las letras mayúsculas.

11. Información del autor

En la página de apertura de cada artículo hay una muy breve presentación del autor con la siguiente información: campo de formación académica, especialidad dentro de ella, institución o entidad donde se labora o con la que se colabora y cargo que se ejerce. Además, el articulista debe adjuntar una fotografía de su rostro (o de cara y hombros) en soporte digital y en buena resolución, y su correo electrónico. En caso de varios autores, la anterior información debe ser provista para cada uno de ellos. Cuando el autor es institucional, en vez de fotografía se envía el logotipo.

12. Palabras clave

Si bien *Ambientico* no publica las palabras clave de cada artículo, se le solicitan al autor no más de cinco para usarlas en el buscador del sitio web.