



Occupational exposure to pesticides in sugarcane agroecosystems in the central region of Veracruz state, Mexico.

Exposición laboral a plaguicidas en el agroecosistema con caña de azúcar en la región central de Veracruz, México.

Ramírez-Mora, E. , Pérez-Vázquez, A. , Landeros-Sánchez, C. , Martínez-Dávila, J. P. 
Villanueva-Jiménez, J. A. , Lagunés Espinoza, L. C. 

College of Postgraduates, Veracruz Campus. Km. 88.5 Km 88.5 Xalapa-Veracruz
Federal Highway, Municipality of Manlio F. Altamirano, C.P. 91690. Veracruz, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J. P., Villanueva-Jiménez, J. A., Lagunés Espinoza, L. C. (2019). Occupational exposure to pesticides in sugarcane agroecosystems in the central region of Veracruz state, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 6, e495. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e495>



ABSTRACT

Pesticides are worldwide used in industrial agriculture to control pests, diseases, and weeds. The main aim of this research was to describe those practices for pesticide use and their relationship with occupational exposure symptoms among sugarcane farmers in the central region of Veracruz, Mexico. A total of 147 interviews were carried out: 74 to sugarcane farmers, 35 to farmer-applicators, and 38 to applicators. Practices of use, pesticides, and Pesticide Use Quality Index (QPUI¹) were identified. The results indicate that farmers choose the pesticide for its effectiveness and their experience; 78 % leave the containers in the field or incinerate them, 94 % do not know the time required for entering the sugarcane field after the application,

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: April 20th 2018.

Accepted/Aceptado: July 12th 2018.

Available on line/Publicado: February 14th 2019.

RESUMEN

Hoy día los plaguicidas son usados intensivamente en la agricultura industrial a nivel mundial para el control de plagas, enfermedades y malezas. El objetivo fue calificar las prácticas de uso de plaguicidas y su relación con síntomas de exposición ocupacional entre productores de caña de azúcar en la región central de Veracruz, México. Se realizaron 147 entrevistas entre productores (74), productores-aplicadores (35) y aplicadores (38). Se registraron prácticas de uso, plaguicidas e Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (QPUI). Se encontró que los productores eligen los plaguicidas por efectividad y experiencia, 78 % abandona los envases en el campo o los incinera, 94 % desconoce el tiempo requerido para ingresar al campo después de la aplicación y en el 18 % prevalece un uso incompleto del equipo de protección. El QPUI fue estadísticamente significativo (Tukey, $p \leq 0.05$) para los aplicadores. Se concluye que la exposición laboral a los plaguicidas en la zona de estudio es relativamente alta, que la escolaridad tiene un papel relevante en adoptar buenas prácticas de uso de plaguicidas y que existe una relación estrecha entre exposición a plaguicidas y problemas de salud.

*Corresponding Author:

Arturo Pérez Vázquez, College of Postgraduates, Veracruz Campus. Km. 88.5 Km 88.5 Xalapa-Veracruz Federal Highway, Municipality of Manlio F. Altamirano, C.P. 91690. Veracruz, Mexico. Tel. +52(595) 952 0200 ext. 76008 E-mail.: parturo@colpos.mx

and 18% lacks of a complete personal protective equipment. The PQUI was statistically significant (Tukey, $p \leq 0.05$) for the applicators. It is concluded that occupational exposure to pesticides in the study area is relatively high, level of education has a relevant role in adopting good practices for pesticides use, and that a strong link exists between exposure to pesticides and health problems.

KEY WORDS

Farmer, occupational exposure, Mexico, pesticides, rural worker.

Introduction

The use of pesticides in agriculture is a common practice after World War II (Chambers *et al.*, 2001). Its intensive application in agriculture causes negative effects on human health, and environmental pollution (Arias *et al.*, 2008; Mackinlay, 2008). The World Health Organization estimates that about 3 million cases of acute poisoning occur each year due to the unsafe use and handling of pesticides with 220,000 deaths (Blair *et al.*, 2014; WHO/UNEP, 1990); 70 % of these deaths are due to occupational exposure (Yerena *et al.*, 2005). Here, it is necessary to clarify that occupational exposure to pesticides is understood as the level of contact (direct or indirect) and the frequency that a group of people presents due to their working conditions during the production, transportation, preparation, and application of pesticides (Damalas & Eleftherohorinos, 2011; Maroni *et al.*, 2006), which has a close relationship with the toxicological level (Hoppin *et al.*, 2006) rates the level risk to a large extent.

There is a vast literature on occupational exposure to pesticides in developed countries, but it is a subject that remains partially ignored or poorly studied in developing countries (Atreya, 2007; Imran & Dilshad, 2011), despite being one of the greatest occupational hazards of intoxication among farmers. In fact, the presence of pesticides in the work environment constitutes a potential risk of exposure (Alavanja *et al.*, 2013; Butinof *et al.*, 2015). The determination of the level of occupational exposure to pesticides in rural areas presents various difficulties, due to the irregular use of pesticides and variations in their forms of use (Tielemans *et al.*, 2007).

PALABRAS CLAVE

Agricultores, exposición ocupacional, México, plaguicidas, trabajadores rurales.

Introducción

El uso de los plaguicidas en la agricultura es una práctica común después de la II Guerra Mundial (Chambers *et al.*, 2001). Su aplicación intensiva en la agricultura provoca efectos negativos, a la salud humana y de contaminación ambiental (Arias *et al.*, 2008; Mackinlay, 2008). La Organización Mundial de la Salud estima que cada año ocurren alrededor de 3 millones de casos de intoxicación aguda por el uso y manejo deficiente de plaguicidas, con 220 mil muertes (Blair *et al.*, 2014; WHO/UNEP, 1990), donde el 70 % de estas muertes se deben a exposición ocupacional (Yerena *et al.*, 2005). Se entiende como exposición ocupacional a plaguicidas, al nivel de contacto (directo o indirecto) y la frecuencia que un grupo de personas presenta debido a su condición laboral durante la producción, transporte, preparación y aplicación de plaguicidas (Damalas & Eleftherohorinos, 2011; Maroni *et al.*, 2006), lo cual tiene una relación estrecha con el nivel toxicológico de los mismos (Hoppin *et al.*, 2006), y que determina en gran medida, el nivel de riesgo.

La exposición ocupacional a plaguicidas, aunque ampliamente documentada en los países desarrollados, es un tema que permanece parcialmente ignorado o poco estudiado en países en desarrollo (Atreya, 2007; Imran & Dilshad, 2011), a pesar de ser uno de los mayores riesgos ocupacionales de intoxicación entre los agricultores. De hecho, la presencia de plaguicidas en el ambiente laboral constituye un riesgo potencial de exposición (Alavanja *et al.*, 2013; Butinof *et al.*, 2015). La determinación del nivel de exposición laboral a plaguicidas en zonas rurales presenta diversas dificultades, debido al uso irregular de éstos y a las variaciones en sus formas de uso (Tielemans *et al.*, 2007). Las cifras oficiales indican que en México, en el año 2013, el uso de insecticidas fue de 37×10^3 t y 31×10^3 t de herbicidas (FAO, 2014), siendo los estados con mayor volumen de comercialización de agroquímicos: Michoacán, Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Guanajuato y Chiapas (INEGI, 2014). Desafortunadamente, los casos de intoxicación aguda por plaguicidas no reflejan la magnitud real del problema, ya que existe un sub-registro en las estadísticas nacionales (Henao & Nieto, 2002). La determinación

According to official figures, the use of insecticides was 37×10^3 t and 31×10^3 t of herbicides in Mexico in 2013 (FAO, 2014), and the states with the highest volume of agrochemical commercialization were Michoacán, Jalisco, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Guanajuato, and Chiapas (INEGI, 2014). Unfortunately, cases of acute pesticide poisoning do not reflect the real magnitude of the problem, since there is an under-registration in national statistics (Henao & Nieto, 2002; Albert, 2006). The determination of occupational exposure is one of the greatest challenges in the study of the relationship between pesticides and human health (Maroni et al., 2000; Baker et al., 2005). As a matter of fact, the application of appropriate instruments is a challenge to build a methodological tool that allows the identification of social-labor profiles of workers at occupational risk. In addition, it helps to identify the risk factors linked to the conditions of use and occupational exposure of pesticides by farmers or field workers in order to develop effective protection measures (Lantieri et al., 2009).

This study pointed out the importance of sugarcane as the most cultivated crop worldwide (Senties-Herrera et al., 2014) and the main industrial crop in Mexico. It is cultivated and industrialized in 15 states, and the state of Veracruz is the main producer (SAGARPA, 2013). The value of the national primary production of this crop is \$ 28×10^9 M.N. and more than 165,000 farmers are involved in this activity and a number of day laborers has not been accounted yet (Aguilar-Rivera et al., 2012).

The aim of this study was to characterize the occupational exposure to pesticides among sugarcane growers and applicators, and to analyze the presence or absence of health symptoms associated with acute exposure in the Irrigation District 035, La Antigua, Veracruz, located in the central region of Gulf of Mexico.

Materials and Methods

Experimental field

This study was conducted in three municipalities of the Irrigation District 035 in the Hydrological Central Gulf-Region, Veracruz, Mexico. The selection of municipalities, according to importance and representativeness in the sugarcane crop were Actopan, Paso de Ovejas, and Ursulo Galván, located at an altitude between 24 and 175 masl, which occupy a planted area of sugarcane of 17,401 has.

de la exposición laboral es uno de los mayores retos en el estudio de la relación entre los plaguicidas y la salud humana (Baker et al., 2005). De hecho, la aplicación de instrumentos apropiados es un reto para construir una herramienta metodológica que permita identificar perfiles socio-laborales de trabajadores en riesgo ocupacional. Además, de identificar los factores de riesgo vinculados a las condiciones de utilización y exposición laboral de los plaguicidas por parte de los agricultores o trabajadores del campo, a fin de desarrollar medidas efectivas de protección (Lantieri et al., 2009).

La caña de azúcar es el cultivo más cultivado a nivel mundial (Senties-Herrera et al., 2014) y el principal cultivo industrial en México. Se cultiva e industrializa en 15 estados, siendo Veracruz el principal estado productor (SAGARPA, 2013). El valor de la producción primaria nacional de este cultivo es de $\$28 \times 10^9$ M.N. y participan en esta actividad más de 165,000 productores y una cantidad aún no contabilizada de jornaleros (Aguilar-Rivera et al., 2012).

El objetivo fue caracterizar la exposición laboral a plaguicidas entre productores cañeros y aplicadores y analizar la relación con la presencia o ausencia de síntomas de salud asociados a la exposición aguda en el Distrito de Riego 035, La Antigua Veracruz, ubicado en la región centro de Golfo de México.

Material y Métodos

Sitio experimental

Este estudio se condujo en tres municipios del Distrito de Riego 035, perteneciente a la Región Hidrológica Golfo Centro, en el estado de Veracruz, México. Los municipios seleccionados, por su importancia y representatividad en el cultivo de caña de azúcar, fueron: Actopan, Paso de Ovejas y Ursulo Galván, ubicados a una altitud entre 24 y 175 masl, los cuales ocupan una superficie cultivada de caña de azúcar de 17,401 ha.

Cuestionario

Se diseñó un cuestionario estructurado, compuesto por los apartados siguientes: 1) Características demográficas y laborales de los entrevistados, 2) plaguicidas habituales que utiliza o aplica, 3) criterios en la toma de decisión en la selección y compra de plaguicidas por parte de los productores, 4) prácticas en la preparación y aplicación de plaguicidas y uso de equipo de protección

Questionnaire

A structured questionnaire was designed with the following sections: 1) Demographic and occupational characteristics of the interviewees, 2) common pesticides for use or application, 3) criteria in the decision making for the selection and purchase of pesticides by the farmers, 4) practices in the preparation and application of pesticides and use of personal protective equipment (PPE), 5) hygiene habits after the application, disposal and final destination of empty containers, 6) family medical history, and 7) report of the events related to pesticide poisoning and symptom records. The questionnaire consisted of 156 questions.

Inclusion criteria

Three categories of interviewees were defined: 1) producers (P), men of legal age (≥ 18 years), owners of at least one sugarcane plot who do not apply pesticides in their plot; 2) producers-applicators (PA), men of legal age owners of at least one sugarcane plot who applied pesticides in their plot and who eventually work applying pesticides in other sugarcane plots, and 3) applicators (A), men of legal age who were not owners of sugarcane plantation and whose main activity was the application of pesticides in sugarcane plots.

The individuals

A total of 147 individuals were recruited for interview in this study. To obtain the sample size, the formula by Scheaffer *et al.* (1987) was used for a population size of 3,480 registered producers in the Irrigation Module II-1 Actopan from the Irrigation District 035, La Antigua, Veracruz (DR035). The estimated sample consisted of 345 individuals. However, during the interviews the saturation point was reached (Hernández-Carrera, 2014) and the sample size was re-estimated at 147, distributed in 74 producers, 35 producer-applicators, and 38 applicators, selected by the "snowball" technique. The key informants were the technicians from the DR035 irrigation office. Prior to conducting the survey, all participants were explained the purpose of the study and their consent was requested.

Analysis of the information

The information was recorded in an Excel database and the statistical analyzes were done using the Statistica V7.0 program. To measure the level of occupational exposure, the Pesticide Use Quality

personal (PPE), 5) hábitos de higiene posterior a la aplicación, disposición y destino final de envases vacíos, 6) historial médico y herencia familiar y 7) relatoría de los eventos relacionados con intoxicación a plaguicidas y mención de síntomas presentados. El cuestionario incluyó un total de 156 preguntas.

Criterios de inclusión

Se definieron tres categorías de entrevistados: 1) productores (P), hombres mayores de edad (≥ 18 años), dueños de al menos una parcela con caña de azúcar y que sólo aplicaran plaguicidas en su parcela; 2) productores-aplicadores (PA), hombres mayores de edad, dueños de al menos una parcela con caña de azúcar y que aplicaran plaguicidas en su parcela y que laboraran aplicando plaguicidas en otras parcelas con caña y 3) aplicadores (A), hombres mayores de edad que no eran propietarios y cuya principal actividad laboral fuera la aplicación de plaguicidas en parcelas de caña de azúcar.

Sujetos

Se entrevistó a un total de 147 sujetos. Para obtener el tamaño de muestra se recurrió a la fórmula de Scheaffer *et al.* (1987) a partir de un tamaño poblacional de 3,480 productores registrados en el Módulo de Riego II-1 Actopan del Distrito de Riego 035, La Antigua Veracruz (DR035). La muestra estimada fue de 345 sujetos. Sin embargo, durante la entrevistas se llegó al punto de saturación (Hernández-Carrera, 2014) y se re-estimó el tamaño de muestra a 147, distribuidos en 74 productores, 35 productores-aplicadores y 38 aplicadores, seleccionados mediante la técnica de "bola de nieve". Los informantes claves fueron los técnicos de la oficina de riego del DR035. Previo a la realización de la encuesta, a todos los participantes se les explicó el objetivo del estudio y se pidió su consentimiento.

Análisis de la información

La información se registró en una base de datos Excel y los análisis estadísticos se hicieron empleando el programa Statistica V7.0. Para medir el nivel de exposición laboral se construyó el Índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (QPUI) de la siguiente manera: se otorgó una calificación específica y ponderada, designada por expertos en el área, a cada una de las respuestas dadas por los entrevistados y calificada con respecto a la mejor práctica (DOF, 1999; FAO, 2006; DOF, 2008) y a la toxicidad del plaguicida. En cada pregunta, la mejor práctica realizada recibía la máxima puntuación y la práctica menos adecuada

Index (QPUI) was constructed as follows: a specific and weighted rating was assigned, designated by experts in the field, to each of the answers given by the interviewees, and qualified with respect to the best practice (DOF, 1999; FAO, 2006; DOF, 2008) and the toxicity of the pesticide. For each question, the best practice received the highest score and the least appropriate practice the lowest score. The least suitable practice of each question was assigned a grade of 1 and depending on the number of answers to each question, the best practice could reach the values from 2 to 5. The average score obtained by each interviewee made up the QPUI (scale from 0 to 10), where the best practices of use or lower occupational exposure had the highest value of QPUI:

$$QPUI = (\text{Grade Question 1} + \text{Grade Question 2} + \dots + \text{Grade Question } n) / n$$

Where the QPUI is the scoring of each one of the questions included in the questionnaire and applied to the producer-applicators and applicators, and n is the total number of questions. We performed a qualitative analysis of demographic data, a qualitative analysis of nominal and a quantitative analysis of variables, and linear correlations of numerical variables. A confidence level of 0.05 probability was employed.

la menor puntuación. A la práctica menos adecuada de cada pregunta se le asignó la calificación de 1 y dependiendo del número de respuestas a cada pregunta, la mejor práctica podía alcanzar los valores del 2 al 5. El promedio de la puntuación obtenida por cada entrevistado conformó el QPUI (escala de 0 a 10), donde las mejores prácticas de uso o menor exposición laboral, tuvieron el mayor valor de QPUI:

$$QPUI = (\text{Calificación Pregunta 1} + \text{Calificación Pregunta 2} + \dots + \text{Calif. Preg. } n) / n$$

Donde el QPUI es la calificación de cada una de las preguntas incluidas en el cuestionario aplicado a los productores-aplicadores y aplicadores, y n es el número total de preguntas. Se realizó un análisis cualitativo de los datos demográficos, análisis cualitativo de las variables nominales y cuantitativo bi-variado, y correlaciones lineales de las variables numéricas. Se empleó un nivel de confianza de 0.05 de probabilidad.

Resultados

Del total de los entrevistados (147), 50 % fueron productores, 24 % productores-aplicadores y 26 % aplicadores de plaguicidas. En la Tabla 1 se presentan las características demográficas de dichos entrevistados.

Table 1.
Interviewee's demographics.

Tabla 1.
Datos demográficos de los entrevistados.

Characteristics	Producer (N = 74)	Producer-Applicator (N = 35)	Applicator (N = 38)
Gender	Men	Men	Men
Age in years	57 ± 0.16*	51.7 ± 0.28	37 ± 0.29
Maximum schooling in years	5.5 ± 0.05	5.2 ± 0.09	7.01 ± 0.1
Surface with cane (ha)	4.31 ± 0.04	3.33 ± 0.05.	NA
Alcohol users [n, (%)]	40 (54 %)	15 (42.85 %)	28 (73.68 %)
Smokers [n (%)]	10 (13.51 %)	7 (20 %)	7 (18.4 %)
Total area with sugarcane (ha)	5.29 ± 0.04	3.85 ± 0.06	One applicator with 0.8 ha and two with 4 ha

*Mean ± Standard deviation.

*Media ± Desviación Estándar.

Results

A total of 147 individuals was interviewed, where 50 % were producers, 24 % producers-applicators, and 26 % applicators of pesticides. Table 1 provides the demographic characteristics of these interviewees.

Pesticide selection practices

The selection criteria for herbicides and insecticides are presented in Table 2. 81.6 % of producers choose the pesticides to apply according to the effectiveness from

Prácticas de selección de plaguicidas

Los criterios de selección de herbicidas e insecticidas se presentan en la Tabla 2. El 81.6 % de productores elige los plaguicidas a aplicar de acuerdo con la efectividad experimentada en años previos; 16.5 % recurre a algún técnico especialista; y 1.83 % lee las etiquetas de los productos antes de adquirirlos para hacer su elección. Para saber si el producto que quieren aplicar controlará eficazmente las plagas de su cultivo, el 49.5 % de los productores recurre a su experiencia, ya que son las mismas plagas.

Table 2.
Information on the selection criteria, storage and preparation of pesticides followed by the interviewed Producers.

Tabla 2.
Información sobre los criterios de selección, almacenamiento y preparación de plaguicidas seguidos por los productores entrevistados.

Question	Producers interviewed (N = 109) [n (%)]
How do you get to know by yourself if the pesticide of your interest is suitable for the crop?	
Because the label says it.	1 (0.92)
Because the technicians, supervisors, specialists and/or sellers say it	42 (38.53)
Because other Producers say it	9 (8.25)
Because it is used every year	57 (52.3)
How do you know if the pesticide is suitable for the pest you wish to fight?	
Some specialist tells me what product I should buy, depending on the pest in my crop	43 (39.44)
It is indicated on the label for the pest I want to fight	8 (7.33)
It is based on the experience and each cycle is the same	54 (49.54)
All of them work the same	4 (3.66)
How do you decide a need for mixing?	
I do not mix products	11 (10.9)
I ask the technician of the mill, the selling house, or another specialist in the area	17 (15.60)
Check on the label the mixtures allowed for each product	4 (3.70)
According to the other people's experience and mine	76 (69.7)
All products can be mixed	1 (0.92)

How do you choose the product dose per hectare?	
According to the label	29 (26.6)
According to the technician of the mill or the seller of the agrochemical brand	15 (13.76)
According to my own experience	62 (56.88)
According to what other Producers recommend	3 (2.75)
How do you choose the number of applications per cycle?	
When I consider there is a lot of pest	101 (92.66)
There is a stablished calendar with dates of application	8 (7.34)
Where do you store the new pesticides?	
Cellar	79 (72.47)
Yard or external bathroom	21 (19.26)
Inside the house	9 (8.25)
Do you investigate reentry time to the plot?	
On the label	3 (2.75)
The specialists (technicians, salesmen) tell us	3 (2.75)
Ask another producer	1 (0.91)
Do not investigate	102 (93.57)

previous years; 16.5 % call upon a specialist technician; and 1.83 % read the labels of the products before purchasing them to make a choice. To know if the product they want to apply will effectively control the pests of their crop, 49.5 % of producers take advantage of their experience, since the pests are the same.

The majority of the producer-applicators were local property owners (ejidatarios) with 1 to 5 ha of sugarcane, they apply the pesticides by themselves in their own plot and do not hire day laborers. Only three (8.57 %) have more than 5 ha of sugarcane and six (17.14 %) from 1 to 3 ha assigned to another crop. Of the producers, 54 (72.97 %) are ejidatarios; 23 out of these (31.08 %) have land assigned to other crops and 26 (35.13 %) are older adults between 60 and 80 years old, who have gradually given up the management of cane cultivation to some son or son-in-law.

100 % of respondents apply insecticides and herbicides (Table 3) not approved for use in European Union countries. These agrochemicals are: carbofuran, carbosulfan, monocrotophos, ametryne, 2,4-D, MSMA, paraquat, diuron and picloram (Lewis *et al.*, 2016).

La mayoría de los productores-aplicadores fueron ejidatarios con 1 a 5 ha de caña, ellos mismos aplican los plaguicidas en su parcela y no contratan jornaleros. Sólo tres (8.57 %) tienen más de 5 ha de caña y seis (17.14 %) indicaron que tienen de 1 a 3 ha dedicadas a otro cultivo. De los productores, 54 (72.97 %) son ejidatarios; de éstos, 23 (31.08 %) tienen tierra dedicada a otros cultivos y 26 (35.13 %) son adultos mayores con edades entre 60 y 80 años, quienes gradualmente han ido cediendo el manejo del cultivo de caña a algún hijo o yerno.

El 100 % de los entrevistados aplican insecticidas y herbicidas (Tabla 3) no aprobados para su uso en países de la Unión Europea. Dichos agroquímicos son: carbofurán, carbosulfán, monocrotophos, ametrina, 2,4-D, MSMA, paraquat, diurón y picloram (Lewis *et al.*, 2016).

Prácticas de aplicación de plaguicidas

La Tabla 4 muestra las prácticas de aplicación de plaguicidas por tipo de entrevistado. La preparación, tanto de insecticidas como de herbicidas, es similar en todos los casos. Se utilizan tanques de plástico de 200 L que se venden en casas comerciales o distribuidores de tanques

Table 3.
Pesticides used by the interviewed Producers (N = 109) with the toxicological category.

Tabla 3.
Plaguicidas utilizados por los productores entrevistados N=109) y su categoría toxicológica.

Applied pesticide	Producers [n (%)]	Toxicological category
Carbofuran	109 (100)	II
Monochrotophos	44 (40.7)	I
Cypermethrine	7 (6.4)	III
Thiametoxam + λ -cyhalothrin	2 (1.83)	IV y III
Endosulfan	2 (1.83)	II
Glyphosate	100 (91.74)	IV
2,4-D + ametryne	87 (79.81)	III
2,4-D	51 (46.78)	III
Ametryn + atrazine	57 (52.29)	III, IV
MSMA	61 (55.96)	III
Paraquat	8 (7.33)	II

*Toxicological classification: Ia (Extremely toxic), IIb (Highly toxic), III (Moderately toxic) and IV (unlikely to present acute risk) (OMS, 2009).

*Categoría toxicológica: Ia (extremadamente tóxico), IIb (altamente tóxico), III (moderadamente tóxico) y IV (improbable presentar riesgo agudo) (OMS, 2009).

Pesticide application practices

Table 4 shows pesticide application practices by type of interviewee. The preparation, both of insecticides and herbicides, is similar in all cases. Plastic tanks of 200 L are used and sold in commercial houses or recycled tanks distributors. The dose of the agrochemicals varies according to the criterion of the producer, from one to three tanks per hectare. 55.9 % of the producers said they prepared their pesticides using one or two "measures" of product, without specifying the volume or amount corresponding to these measures. They said using an empty can of "chiles" as a scoop (from 90 to 220 g), as well as disposable cups or "glasses" when they prepare less than 200 L of product (dose for a 20 L backpack sprayer), mainly during the application of herbicides or insecticides.

Ninety six percent indicated that the application is made between 6 and 10 o'clock, during the cooler and less windy hours of the day which facilitates the application. Only 2.7 % of producers said they were accompanied by a friend or family member who does not participate in the application, so that they can help them in case of poisoning.

reciclados. La dosis de los agroquímicos varía según el criterio del productor, desde uno a tres tanques por hectárea. El 55.9 % de los productores manifestó preparar sus plaguicidas utilizando una o dos "medidas" de producto, sin especificar el volumen o el gramaje que corresponden a dichas medidas. Dijeron utilizar como medida una "lata de chiles" (de 90 a 220 g), vasos desechables o bien "copitas" cuando preparan menos de 200 L de producto (dosis por una mochila aspersora de 20 L), principalmente durante la aplicación de herbicidas o insecticidas.

Un 96 % indicó que la aplicación se realiza entre las 6 y las 10 h, durante las horas más frescas del día y menor viento, lo que facilita la aplicación. Solo un 2.7 % de los productores manifestó hacerse acompañar por algún amigo o familiar que no participa en la aplicación, para que los auxilie en caso de intoxicación.

Existe una falta de uso de equipo de protección personal completo, tal como lo describe el Código Internacional de Conducta sobre la Distribución y Uso de Plaguicidas (FAO, 2006) y la NOM-017-STPS-2008 (DOF, 2008). Se encontró que más del 90 % de los entrevistados utiliza pantalón,

Table 4.
Information on pesticide use practices observed by the individuals interviewed (N=147).

Tabla 4.
Información sobre las prácticas de uso de plaguicidas observadas por los sujetos entrevistados (N=147).

Variable	Interviewed Producers	
	[n (%)]	
Schedule of the application		
From 6 am	142	(96.59)
After 5 pm	1	(0.68)
From 6 am to 1 pm and from 4 to 6 pm	4	(2.72)
Duration of the working day		
4 h	122	(82.28)
6 h	21	(14.28)
8 h	4	(2.72)
Companions during the application		
Supervisor who helps me in case of an accident	4	(2.72)
Assistant	113	(76.87)
On my own	30	(20.4)
Use of Personal Protective Equipment (EPP¹)		
Boot or closed shoe/hat or cap	147	(100)
Long-sleeve shirt	143	(97.27)
Mask, face dust mask or bandana	48	(32.65)
Gloves	34	(23.12)
Dorsal protection, usually with a plastic	38	(25.85)
Frontal protection, usually with a plastic	29	(18.72)
Smoke during the application		
Yes	11	(7.48)
No	136	(92.51)
Eat and/or drink liquids during the application		
When work is over and neat	66	(44.89)
I pause and wash my hands	54	(36.73)
When I finish, but I do not wash my hands	5	(3.40)
I do not eat, but I drink liquids while I am applying if thirsty	22	(14.96)
Post-application hygiene		
Take a bath at the plot and a change of clean clothing	1	(0.68)
A change of clothing at the plot, but a bath at home	14	(9.52)
A bath at home and a change of clothing after application	83	(56.46)

A change of clothing after application at home, but a bath until night	40 (27.21)
A bath and a change of clothing until the night	9 (6.12)
Triple washing of empty containers	
Triple washing and drilling	52 (35.37)
Triple washing and no drilling	75 (51.02)
Unwashed and discarded	19 (12.92)
Unwashed and reused	1 (0.68)
Destination of empty containers	
Collection center	18 (12.24)
Dump	13 (8.84)
They are left in the plot	115 (78.23)
They are buried in the plot	1 (0.68)
With poisoning symptoms	77 (52.38)

By its acronym in Spanish.

There is a lack of use of complete personal protective equipment, as it is described in the International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides (FAO, 2006) and NOM-017-STPS-2008 (DOF, 2008). It was found that more than 90 % of the interviewees wear trousers, a long-sleeved shirt and a hat when applying pesticides. They stated that they are used to do it this way and to protect themselves from the edges of the cane leaf, since it can cut their skin. This same comment was made by those interviewed who use a bandana or face dust mask (32.65 %). The interviewees who use dorsal protection (25.85 %) correspond to 20 % of the producers and 31 % of the applicators; those that use frontal protection (18.72 %) correspond to 15 % of producers and 25 % of applicators.

Presence of acute poisoning symptoms

Respondents (52.38 % of the interviewees) presented symptoms of acute intoxication during the application of pesticides (Figure 1), since 29 % are producers, 60 % producer-applicators, and 63 % applicators. In other words, the risk of poisoning is greater when there is more exposure to pesticides.

Pesticide use quality index (QPUI)

The QPUI showed significant statistical differences in the three studied groups (Figure 1),

camisa de manga larga y sombrero o gorro cuando aplica plaguicidas; estos manifestaron que lo hacen por costumbre y protección contra los bordes de la hoja de caña, ya que pueden cortarles la piel. Este mismo comentario lo realizaron aquellos entrevistados que utilizan paliacate o cubre-bocas (32.65 %). Los entrevistados que usan protección dorsal (25.85 %), corresponden al 20 % de los productores y 31 % de los aplicadores; los que utilizan protección frontal (18.72 %), corresponden al 15 % de productores y 25 % de aplicadores.

Presencia de síntomas de intoxicación aguda

El 52.38 % de los entrevistados ha presentado síntomas de intoxicación aguda durante la aplicación de plaguicidas (Figura 1), de los cuales 29 % son productores, 60 % productores-aplicadores y 63 % aplicadores. Es decir, que el riesgo de intoxicación es mayor a mayor exposición a los plaguicidas.

Índice de calidad de uso de plaguicidas (QPUI)

El QPUI mostró diferencias estadísticas significativas entre los tres grupos estudiados (Figura 1), siendo mayor en el grupo de aplicadores con una calificación de 7.39 y con un valor de 6.84 para productores y 6.88 para productores-aplicadores. La Tabla 5 muestra las correlaciones de las variables numéricas evaluadas.

Las dos variables correlacionadas con mayor QPUI fueron edad (-0.22) y escolaridad (0.21), donde a mayor edad

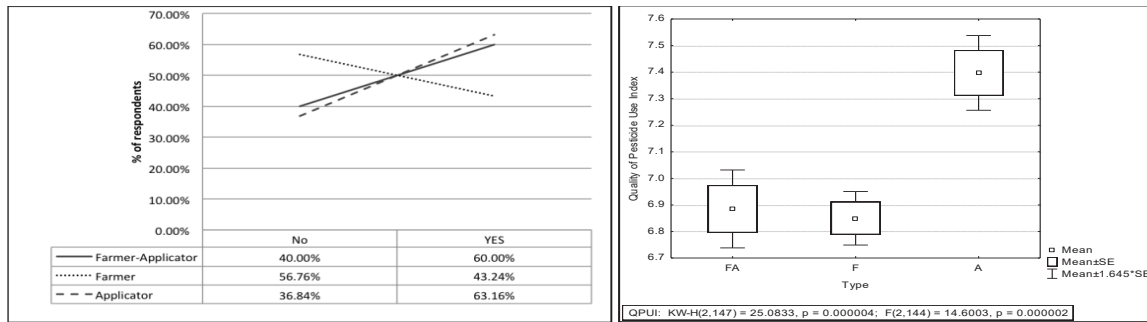


Figure 1. Presence of symptoms and Pesticide Use Quality Index (QPUI) by category of interviewees. Producers (P), Producers-applicators (PA) and applicators (A).

Figura 1. Presencia de síntomas e índice de Calidad de Uso de Plaguicidas (QPUI) por categoría de entrevistados. Productores (P), productores-aplicadores (PA) y aplicadores (A).

Table 5.
Correlations of the numerical variables evaluated.
Tabla 5.

Correlaciones de las variables numéricas evaluadas.

	ED.	ESC.	A. PROD.	A. APLIC.	F. M. L. Y PANT.	F. B.	F. S/G	F. M/ C /P	F. G.	F. PD.	F. PF.	F. LE.	N. S.	QPUI
ED.	1	-0.6	0.69	-0.14	-0.09	-0.15	-0.12	0.07	-0.13	0.04	0.01	-0.09	-0.22	-0.22
ESC.		1	-0.27	-0.1	0.06	0.09	0.14	-0.01	0.16	0.08	0.08	0.19	0.14	0.21
A. PROD			1	-0.47	-0.06	-0.03	-0.03	0	-0.16	-0.04	-0.03	0.01	-0.15	-0.33
A. APLIC.				1	0.12	0.13	0.07	-0.08	0.13	0.14	-0.01	-0.05	0.1	0.18
F. M. L. Y. PANT.					1	0.72	0.77	0.07	0.14	0.08	0.14	0.01	0.13	0.23
F. B.						1	0.79	-0.01	0.11	0.05	0.13	-0.07	0.12	0.26
F. S/G							1	0.09	0.07	0.01	0.1	0.03	0.14	0.2
F. M/C/P								1	0.33	0.29	0.39	0.1	0.05	0.17
F. G.									1	0.36	0.3	0.13	0.13	0.21
F. P.D.										1	0.71	0.08	0.08	0.35
F. P.F.											1	0.09	0.14	0.33
F. LE.												1	0.02	-0.02
N. S.													1	0.1
QPUI														1

Correlations. The marked correlations are significant to $p < 0.05$, N=14

ED.: age (years), ESC: schooling (years), A. PROD.: seniority as producer (years), A. APLIC.: seniority as an applicator (years), FMLAND PANT: frequency of use of long sleeves and trousers, FB: frequency of use of neoprene boot, FS / G: frequency of use of hat or cap, F. M / C / P: frequency of use of face dust mask, masks or bandanas, FG: frequency of use of gloves, F. PD.: frequency of use of dorsal protection, F. PF.: frequency of use of frontal protection, F. LE.: frequency of reading the label, NS: number of symptoms presented.

Correlaciones. Las correlaciones marcadas son significativas para $p < 0.05$, N = 14

ED.: edad (años), ESC: escolaridad (años), A. PROD.: Antigüedad como productor (años), A. APLIC.: Antigüedad como aplicador (años), FML Y PANT: frecuencia de uso de mangas largas y pantalones, FB: frecuencia de uso de la bota de neopreno, FS / G: frecuencia de uso del sombrero o gorra, F. M / C / P: frecuencia de uso de la mascarilla antipolvo, máscaras o pañuelos, FG: frecuencia de uso de guantes, F. PD.: frecuencia de uso de la protección dorsal, F. PF.: frecuencia de uso de la protección frontal, F. LE.: frecuencia de lectura de la etiqueta, NS: número de síntomas presentados.

being higher in the group of applicators with a score of 7.39, and with a value of 6.84 for producers and 6.88 for producers-applicators. Table 5 shows the correlations of the numerical variables evaluated.

The two variables correlated with the highest QPUI were age (-0.22) and schooling (0.21), at older age, lower QPUI and at higher schooling, higher QPUI. The group of applicants were 37 years old as an average age, the elementary education level plus one year of middle school. On the other hand, the producers and producers-applicators had an average age of 57 and 51.7 years respectively, and an incomplete basic education.

The QPUI had significant correlations with seniority as a producer (-0.33) and as an applicator (0.18). The more seniority or experience as a producer, the lower the QPUI; and the older the applicator, the greater the QPUI. In other words, regardless the years of experience, it does not lead to better pesticide use practices. There was no significant correlation between the QPUI and the number of symptoms presented (0.1). The frequency of label reading correlated positively with the level of instruction of the interviewees (0.19).

Discussion

The sugar mill technicians carry out and supervise the control of pests in sugarcane plantations, sometimes with the authorization of the producers. For example, they are responsible for the annual control of the spittlebug or froghopper (*Aeneolamia spp.* and *Prosapia spp.*), stem borers (*Diatraea saccharalis* F., *Diatraea magnifactella* Dyar and *Eoreuma loftini* Dyar) and rodents (*Sigmodon toltecus* (Saussure) and *Oryzomys couesi* (Alston)) (Aguilar-Rivera *et al.*, 2012; Peppers & Bradley, 2000; Senties-Herrera *et al.*, 2014). On the other hand, producers are responsible for the control of weeds, although they eventually control the pests mentioned above or others if they consider it necessary. According to Senties-Herrera *et al.* (2014), the agro-industry of sugarcane represents the functioning of the socioeconomic system with the most tradition and roots, since the triumph of the Mexican Revolution. The results of this study show that, certainly, the management of this crop is based on traditions, on a production system in transition, where pesticides, insecticides, herbicides and fertilizers are applied more and more.

menor el QPUI y a mayor escolaridad mayor QPUI. El grupo de aplicadores presentó una media de edad de 37 años y una escolaridad de educación básica más un año de secundaria, mientras que los productores y productores-aplicadores tuvo una edad promedio de 57 y 51.7 años respectivamente, y una escolaridad de educación básica trunca.

El QPUI tuvo correlaciones significativas con antigüedad como productor (-0.33) y como aplicador (0.18). A mayor antigüedad o experiencia como productor fue menor el QPUI y a mayor antigüedad como aplicador fue mayor el QPUI. Es decir, que independientemente a los años de experiencia no los lleva a mejores prácticas de uso de plaguicidas. No hubo una correlación significativa entre el QPUI y el número de síntomas presentados (0.1). La frecuencia de lectura de la etiqueta se correlacionó positivamente con el grado de instrucción de los entrevistados (0.19).

Discusión

Los técnicos del ingenio realizan y supervisan el control de plagas en las plantaciones de caña de azúcar, en ocasiones media la autorización de los productores. Por ejemplo, se encargan de efectuar el control anual de mosca pinta (*Aeneolamia spp.* y *Prosapia spp.*), barrenadores del tallo (*Diatraea saccharalis* F., *Diatraea magnifactella* Dyar y *Eoreuma loftini* Dyar) y roedores (*Sigmodon toltecus* (Saussure) y *Oryzomys couesi* (Alston)) (Aguilar-Rivera *et al.*, 2012; Peppers & Bradley, 2000; Senties-Herrera *et al.*, 2014). Por su parte, los productores se responsabilizan del control de malezas, aunque eventualmente realizan el control de las plagas antes referidas u otras si lo consideran necesario. Para Senties-Herrera *et al.* (2014), la agroindustria de la caña de azúcar representa el funcionamiento del sistema socioeconómico con más tradición y arraigo, a partir del triunfo de la Revolución Mexicana. Los resultados de este estudio muestran que efectivamente, el manejo de este cultivo se basa en tradiciones, en un sistema de producción en transición, donde cada vez se realiza más la aplicación de plaguicidas, insecticidas, herbicidas y fertilizantes.

El proceso de la elección de los plaguicidas se basa prácticamente en la experiencia que el productor ha ganado, registrando en su mente la efectividad del producto o bien con la enseñanza y experiencia intergeneracional (Tabla 2). El productor determina los productos plaguicidas, las dosis, la periodicidad y la forma de aplicación. Los entrevistados

The selection process of pesticides is mainly based on the experience that the producer has gained, with records in his mind about the effectiveness of the product or in a learning process, and intergenerational experience (Table 2). The producer determines the pesticide products, the doses, the periodicity and the form of application. The interviewees mentioned statements like *"We all do the same here"*, *"The products are the same, year after year"* or *"He (referring to another farmer) and I, and all of us here, apply the same thing"*, *"Since the sugarcane came in here, we use the same products, I have them on my notebook, it was my dad's and now I use it"*, *"The only thing that changed is the name but the product, people say that the substance is the same"*.

It was found that the use of PPE during the application of pesticides is minimal and incomplete. This low rate of EPP use is also reported in other studies (Waichman et al., 2007; Butinof et al., 2015). This is a warning of exposure to pesticides and a risk of intoxication. The reasons given by producers for the scarce use of PPE were: lack of habit, discomfort due to heat and its cost (Wilson & Tisdell, 2001; Cole et al., 2002; Isin & Yildirim, 2007). Although 93.87 % of the interviewees change their clothes at the end of the application, either on the plot or at home, the general custom is not to wash the working clothes during the days of the application of pesticides. Pants, shirt and boots are left in the sun to dry and reused the following days without washing them up.

35.37 % of those interviewed follow the directions of triple washing and perforation of those empty containers, as described in NOM-003-STPS-1999 (DOF, 1999); only 12.24 % take the empty containers to the collection centers of the Campo Limpio (Clean Field) a federal program, which have been installed in different localities in the area. 13 % of the interviewees discard the unwashed containers, and 78 % leave them in the plot, where they are burned during the harvest or deposited them in a corner or edge of the plot. In short, producers do not have the standard information to ensure the safe use or disposal of the pesticide containers.

The symptoms of acute intoxication mentioned were: burning and/or itching of the skin; burns and/or hives; itching, burning and dry mucous membranes; dizziness, nausea and/or vomiting; stomach cramps, diarrhea, headache, nervousness and altered reflexes; drowsiness, sweating, chills, blurred vision, numbness and/or tongue ecchymosis; weakness and loss of knowledge. It is

indicaron que *"aquí todos lo hacemos igual"*, *"los productos son los mismos, año con año"* o bien, *"él (refiriéndose a otro productor) y yo, y todos los que estamos aquí, ponemos lo mismo"*, *"desde que entró la caña aquí, son los mismos productos, los tengo anotados en mi libreta, era la de mi papá y ahora la uso yo"*, *"lo único que cambió es el nombre, el producto, como quien dice la sustancia, es la misma"*.

Se encontró que el uso de PPE durante la aplicación de plaguicidas es mínima e incompleta. Esta baja tasa de uso de PPE también se reporta en otros estudios (Waichman et al., 2007; Butinof et al., 2015). Esto, es un signo de exposición a los plaguicidas y un riesgo de intoxicación. Las razones dadas por los agricultores del escaso uso de PPE fueron: la falta de costumbre, incomodidad por el calor y su costo (Wilson & Tisdell, 2001; Cole et al., 2002; Isin & Yildirim, 2007). Aunque el 93.87 % de los entrevistados se cambia de ropa al terminar la aplicación, ya sea en la parcela o en su casa, la costumbre generalizada es de no lavar la ropa de trabajo durante los días que dure la aplicación de plaguicidas. Tanto el pantalón, la camisa y las botas son dejadas al sol para que se sequen y sean reutilizadas, sin lavar, los días siguientes.

El 35.37 % de los entrevistados sigue las indicaciones de triple lavado de envases vacíos y su perforación, como se describe en la NOM-003-STPS-1999 (DOF, 1999); sólo el 12.24 % lleva los envases vacíos a los centros de acopio del programa federal Campo Limpio, instalados en diferentes localidades de la zona. El 13 % de los entrevistados desecha los envases sin lavar y el 78 % los deja incluso en la parcela, donde se queman durante la cosecha o se depositan en un rincón o borde de la parcela. Es decir, los productores no tienen la información del procedimiento adecuado de la disposición final de los envases de los plaguicidas.

Los síntomas de intoxicación aguda mencionados fueron: ardor y/o comezón de piel; quemaduras y/o ronchas; comezón, ardor y resequedad de mucosas; mareo, náusea y/o vómito; cólicos estomacales, diarrea, dolor de cabeza, nerviosismo y reflejos alterados; somnolencia, sudoración, escalofríos, visión borrosa, entumecimiento y/o equimosis de lengua; debilidad y pérdida del conocimiento. Destaca que 52 % de los entrevistados manifestó al menos uno de estos síntomas, el 3.4 % han presentado desmayo o pérdida del conocimiento y fueron llevados a la clínica de salud de la comunidad. La baja tasa de atención médica recibida, evidencia un sub-registro de casos de intoxicación, lo que se

noteworthy that 52 % of the interviewees manifested at least one of these symptoms, 3.4 % presented fainting or loss of consciousness and were taken to the community health clinic. The low rate of medical attention shows an under-registration of cases on intoxication, which has been previously documented (Cortés-Genchi et al., 2008). Several studies report the negative health effects associated with occupational exposure to pesticides, including: dermatological, gastrointestinal, neurological, carcinogenic, respiratory, reproductive and endocrine effects (Alewu & Nosiri, 2011; Thakur et al., 2014). Some recurring statements referred to producers' perception of susceptibility to pesticides and the generation of "resistance" among the exposed population are: "They (referring to pests) become resistant and we do the same", "It kind of affects at the beginning, but as time goes by the body gets used to it", "Whoever is allergic gets allergies, and whoever is not will not get it", "If it is going to affect me no matter what I do is OK, because I am already affected".

Isin & Yildirim (2007) reported that it is not enough for producers to know about the damage to human health by pesticides to change their behavior, since their main concern is the pest attack and, consequently, the loss of yield and lower income.

The high incidence of symptoms of acute intoxication in applicators has been documented in Mexico (Durán-Nah & Colli-Quintal, 2000; Hernández-González et al., 2007). Statistics from Central America indicate that 3 % of agricultural workers exposed to pesticides suffer acute intoxication each year (Fernández et al., 2010). In this study, 30 % reported intoxication at least once in their working life and 14 % went to the doctor for a prescription. 23 % indicated at least one symptom related to exposure to pesticides. The high frequency of symptoms in applicators and producer-applicators, evidences a greater degree of exposure in these two groups, in relation to producers (Figure 1), who normally pay for this type of work to be carried out.

No correlation was found between exposure to pesticides and long-term effects; it might be due to the low frequency of attendance to the health centers even with acute poisoning symptoms, which makes their follow-up difficult.

Gesese et al. (2016) concludes that the high probability of pesticide poisoning in Ethiopian producers is due to both the unsafe use of pesticides and the lack of use of

ha documentado previamente (Cortés-Genchi et al., 2008). Diversos estudios reportan los efectos negativos para la salud asociados a la exposición laboral a los plaguicidas, entre éstos: efectos dermatológicos, gastrointestinales, neurológicos, carcinógenos, respiratorios, reproductivos y endócrinos (Alewu & Nosiri, 2011; Thakur et al., 2014). Algunas declaraciones recurrentes se refirieron a la percepción de los productores sobre susceptibilidad a los plaguicidas y la generación de "resistencia" entre la población expuesta: "ellos (refiriéndose a las plagas) se hacen resistentes y nosotros también", "al principio como que sí afecta, pero con el tiempo el cuerpo se va acostumbrando", "el que es alérgico es alérgico y el que no, no", "si me va a afectar no importa lo que haga, porque uno ya lo trae".

Isin & Yildirim (2007) reportaron que no es suficiente que los productores conozcan el daño a su salud que puede causarle los plaguicidas para cambiar su comportamiento, ya que su preocupación principal es el ataque de plagas y consecuente pérdida de rendimiento y menores ingresos.

La alta incidencia de síntomas de intoxicación aguda en aplicadores ha sido documentada en México (Durán-Nah & Colli-Quintal, 2000; Hernández-González et al., 2007). Estadísticas de Centroamérica indican que el 3 % de los trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas sufren cada año una intoxicación aguda (Fernández et al., 2010). En este estudio, el 30 % refirió haberse intoxicado al menos una vez en su vida laboral y el 14 % acudió al médico a tratarse dicha intoxicación. El 23 % indicó haber presentado al menos un síntoma relacionado con exposición a plaguicidas. La mayor frecuencia de síntomas en aplicadores y productores-aplicadores, evidencia que existe un mayor grado de exposición en estos dos grupos, respecto a los productores (Figura 1), quienes normalmente pagan porque se realice este tipo de trabajos.

No se encontró una correlación entre la exposición a plaguicidas con efectos a largo plazo, probablemente por la baja frecuencia con la que el personal expuesto acude a los centros de salud ante los síntomas de intoxicación aguda, lo que dificulta su seguimiento.

Gesese et al. (2016) concluye que la alta probabilidad de intoxicación por plaguicidas en granjeros etíopes se debe tanto al uso poco seguro de plaguicidas y a la falta de utilización de equipo de protección personal. Atreya (2008), sobre el uso de plaguicidas en Nepal, concluye

Personal Protective Equipment. Atreya (2008), on the use of pesticides in Nepal, concludes that the population of applicators has a high risk of exposure due to their low level of training. As pointed out by Abhilash & Singh (2009), the application of pesticides is unsafe due to the lack of training of producers and applicators, the low degree of schooling, the ignorance about their potential risks, incorrect application practices, the measurement of the dose with their own scales, the extended working day, smoking and eating during the application, the lack of PPE, mainly boots, gloves and glasses or face dust mask, and the lack of facilities to perform post-exposure hygiene, the inadequate storage and disposal of containers, the lack of adequate medical services, as well as the misunderstanding about poisoning symptoms with common diseases.

Conclusions

The level of education has a direct and close relationship with the correct use of pesticides. Producers have a tendency to make their own dosage scales due to their low training in the proper use of pesticides and their little knowledge of the risks to their health and the environment. A formal training program in the use of pesticides by sugar mills or sugarcane organizations is needed. The field technicians make weekly tours to the local properties and make recommendations concerning the type of product to be applied, but not about the standard information to ensure the safe use of agrochemicals. Individuals with much greater risk of occupational exposure are those who are exclusively dedicated to the application of pesticides. Finally, occupational exposure to insecticides in sugarcane and its risk to human health is relatively high due to the lack of training in the handling and application of pesticides, and a minimal and incomplete protective clothing, which is reused without a washing up.

Acknowledgements

To CONACYT for the doctoral grant awarded to the first author. To the producers, applicators and technicians of El Modelo and La Gloria mills, in Veracruz, Mexico, for their support and information during this study.

que la población de aplicadores tiene un riesgo elevado de exposición debido a su bajo nivel de capacitación. Al igual que señala Abhilash & Singh (2009) la aplicación de plaguicidas es poco segura debido a la falta de entrenamiento de productores y aplicadores, el bajo grado de escolaridad, el desconocimiento sobre sus riesgos potenciales, prácticas de aplicación incorrectas, la medición de la dosis con escalas propias, la jornada laboral extendida, el fumar y comer durante la aplicación; la falta de PPE, principalmente botas, guantes y lentes o mascarilla y la falta de facilidades para realizar su higiene posterior a la exposición; el almacenamiento y disposición inadecuada de envases; la carencia de servicios médicos adecuados, así como a la confusión de los síntomas de intoxicación con enfermedades comunes.

Conclusiones

El grado de escolaridad tiene una relación estrecha y directa con el uso correcto de los plaguicidas. Los productores presentan una tendencia a hacer sus escalas propias de dosificación, debido a su baja capacitación en el uso adecuado de plaguicidas y de su poco conocimiento de los riesgos a su salud y al ambiente. Se adolece de un programa formal de capacitación en el uso de plaguicidas por parte de los ingenios o de las organizaciones cañeras. Usualmente los técnicos de campo hacen recorridos por los ejidos semanalmente y realizan recomendaciones concernientes al tipo de producto por aplicar, pero no sobre las prácticas adecuadas del uso de los agroquímicos. Las personas de mayor riesgo de exposición laboral son aquellos que se dedican exclusivamente a la aplicación de plaguicidas. Finalmente, la exposición laboral a los insecticidas en caña de azúcar y su riesgo a la salud humana es relativamente alto debido a la falta de capacitación en el manejo y aplicación de plaguicidas, y a un uso mínimo e incompleto de prendas de protección, las cuales se reutilizan sin ser lavadas previamente.

Agradecimiento

Al CONACYT por la beca doctoral otorgada a la primera autora. A los productores, aplicadores y a los técnicos de los ingenios El Modelo y La Gloria, en Veracruz, México, por su apoyo con información durante este estudio.

References

- Abhilash, P. C. & Singh N. (2009). Pesticide use and application: an Indian scenario. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1–3): 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.061>
- Aguilar-Rivera, N., Rodríguez L. D. A., Enríquez, R. V., Castillo, M. A. and Herrera, S. A. (2012). The Mexican Sugarcane Industry: Overview, Constraints, Current Status and Long-Term Trends. *Sugar Technology*, 14(3): 207–222. <https://doi.org/10.1007/s12355-012-0151-3>
- Alewu, B. & Nosiri, C. (2011). Pesticides and human health. In: Stoytcheva, M, (ed.) Pesticides in the Modern World – Effects of Pesticides Exposure. InTech, Rijeka, Croatia. pp. 231–250.
- Arias, E. M., López, P. E., Martínez, C. E., Simal, G. J., Mejuto, J. C. and García, R. L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(4): 247–60. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.011>
- Alavanja, M. C. R., Ross, M. K. and Bonner, M. R. (2013). Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. *CA Cancer Journal for Clinicians*, 63 (2): 120–142. <https://doi.org/10.3322/caac.21170>
- Atreya, K. (2007). Pesticide use knowledge and practices: a gender differences in Nepal. *Environmental Research*, 104(2): 305-311. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.01.001>
- Atreya, K. (2008). Health costs from short-term exposure to pesticides in Nepal. *Social Science and Medicine*, 67(4): 511–519 <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2008.04.005>
- Baker, B. A., Alexander, B. H., Mandel, J. S., Acquavella, J. F., Honeycutt R. and Chapman, P. (2005). Farm family exposure study: methods and recruitment practices for a biomonitoring study of pesticide exposure. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 15(6): 491–499. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500427>
- Blair, A., Ritz, B., Wesseling, C. and Freeman, L. B. (2014). Pesticides and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(2): 81–82 <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2014-102454>
- Butinof, M., Fernandez, R. A., Stimolo, M. I., Lantieri, M. J., Blanco, M. and Machado, A. L. (2015). Pesticide exposure and health conditions of terrestrial pesticide applicators in Córdoba Province, Argentina. *Cuadernos de Saúde Pública*, 31(3): 633–646. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00218313>
- Cortés-Genchi, P., Villegas-Arrión, A., Aguilar-Madrid, G., Paz-Román, M. P., Maruris-Reducindo, M. and Juárez-Pérez, C. A., (2008). Síntomas ocasionados por plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Médica del Instituto Mexicano de Seguro Social*. 46(2): 145-152. <http://www.redalyc.org/html/4577/457745520006/>
- Chambers, H., Boone, J., Carr R. and Chambers J. (2001). Chemistry of organophosphorus insecticides. In: Robert I., K. S (ed.) Handbook of Pesticide Toxicology. Academic Press. California, pp. 913-917.
- Cole, D., Sherwood, S., Crissman, C., Barrera, V. and Espinosa, P. (2002) Pesticides and health in highland ecuadorian potato production: assessing impacts and developing responses. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 8: 182-190. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/107735202800338902>
- Damalas, C. A. & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal Environment Research Public Health*, 8(5): 1402–1419. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (1999) NOM-003-STPS-1999 Norma Oficial Mexicana, actividades agrícolas-uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-condiciones de seguridad e higiene. http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/guias/Guia_003.pdf. (Last checked: February 26th 2018)
- DOF. (Diario Oficial de la Federación) (2008) NOM-017-STPS-2008 Norma Oficial Mexicana, equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo. <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-017.pdf>. (Last checked: February 26th 2018)
- Durán-Nah, J. J. & Collí-Quintal, J. (2000). Intoxicación aguda por plaguicidas. *Salud Pública de México*, 42(1): 53-55. <https://www.scielosp.org/article/spm/2000.v42n1/53-55/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas). (2006). Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Versión revisada ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma. <http://www.fao.org/3/a-a0220s.pdf> (Last checked: February 26th 2018)

- FAO (Organización de las Naciones Unidas). (2014). Uso de plaguicidas en México, año 2013. <http://faostat3.fao.org/download/R/RP/S> (Last checked: February 24th 2018).
- Gesese, H. A., Woldemichael, K., Massa, D. and Mwanri L. (2016). Farmers Knowledge, Attitudes, Practices and Health Problems Associated with Pesticide Use in Rural Irrigation Villages, Southwest Ethiopia. *PLoS One*, 13(9): e0162527. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162527>
- Fernández A., D. G., Mancipe G. L. C. and Fernández A., D. C. (2010) Intoxicación por organofosforados. *Revista Med (Colombia)*, 18(1): 84-92. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-52562010000100009&script=sci_arttext&tlng=en
- Hernández-Carrera, R. M. (2014). La investigación cualitativa a través de entrevistas: su análisis mediante la teoría fundamentada. *Cuestiones Pedagógicas*, 23: 187–10. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/36261>
- Hernández-González, M. M., Jiménez, G. C., Jiménez, A. F. R. and Arceo, G. M. E. (2007). Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del estado de México, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(4): 159–167. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992007000400001&script=sci_arttext
- Henao, S., & Nieto, O. (2002). Curso de autoinstrucción en diagnóstico, tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas causadas por plaguicidas. División de Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (HEP/OPS), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS) y proyecto PLAGSALUD de la OPS/OMS. <http://www.bvsde.paho.org/tutorial2/e/creditos.html>
- Hoppin, J. A., Adgate, J. L., Eberhart, M., Nishioka, M. and Ryan, P.B. (2006). Environmental exposure assessment of pesticides in farmworker homes. *Environmental Health Perspectives*, 114: 929–935. <https://doi.org/10.1289/ehp.8530>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). Comercio al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra. *Censos Económicos 2014. Resultados definitivos*. Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC). <http://www.beta.inegi.org.mx/app/saic/default.aspx> (Last checked: February 26th 2018).
- Imran, H. & Dilshad, K. A. (2011). Adverse health effects of pesticide exposure in agricultural and industrial workers of developing country (Chapter 8). In: Stoytcheva, M. (ed.) *Pesticides - The Impacts of Pesticide Exposure*. InTech, Rijeka, Croatia. pp. 155-178. <https://www.intechopen.com/books/pesticides-the-impacts-of-pesticides-exposure/adverse-health-effects-of-pesticides-exposure-in-agricultural-and-industrial-workers-of-developing-c>
- Isin, S. & Yildirim, I. (2007). Fruit-growers' perceptions on the harmful effects of pesticides and their reflection on practices: The case of Kemalpaşa, Turkey. *Crop Protection*, 26: 17-922. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.08.006>
- Lantieri, M. J., Meyer, P. R., Butinof, M., Fernández, R. A., Stimolo, M. I. and Díaz, M. P. (2009). Exposición a plaguicidas en agroaplicadores terrestres de la provincia de Córdoba, Argentina: factores condicionantes. *Agriscientia*, 26(2): 43–54. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2009000200002
- Lewis, K. A., Tzivilakis, J., Warner, D. J. and Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22: 1050-1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- Mackinlay, H. (2008). Jornaleros agrícolas y agroquímicos en la producción de tabaco en Nayarit. *Alteridades*, 18 (36): 123–143. <http://alteridades.izt.uam.mx/index.php/Alte/article/view/203>
- Maroni, M., Fanetti, A. C. and Metruccio, F. (2006). Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. *Medicina del Lavoro*, 97(2): 430–437. <https://europepmc.org/abstract/med/17017381>
- Peppers, L. L. & Bradley, R. D. (2000). Cryptic species in *Sigmodon hispidus*: evidence from DNA sequences. *Journal of Mammalogy*, 81(2): 332–343. [https://doi.org/10.1644/1545-1542\(2000\)081<0332:CSISHE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1644/1545-1542(2000)081<0332:CSISHE>2.0.CO;2)
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2013). Importancia de la agroindustria de la caña de azúcar. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf> (Last checked: February 26th 2018).
- Scheaffer, R., Mendenhall, W. and Ott, L. (1987). *Elementos de muestreo*. D.F., México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Senties-Herrera, H. E., Gómez-Merino, F. C., Valdéz-Balero, A., Silva-Rojas, H. V. and Trejo-Téllez, L. I. (2014). Agro-industrial sugarcane system in Mexico: current status, challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science*, 6(4): 26. <http://doi.org/10.5539/jas.v6n4p26>
- Thakur, D. S., Khot, R., Joshi, P. P., Pandharipande, M. and Nagpure, K. (2014). Glyphosate poisoning with acute pulmonary

- edema. *Toxicology International* 21(3): 328-330. <http://doi.org/10.4103/0971-6580.155389>
- Tielemans, E., Bretveld, R., Schinkel, J., Van Wendel De J. B., Kromhout, H. and Gerritsen-Ebben, R. (2007). Exposure profiles of pesticides among greenhouse workers: implications for epidemiological studies. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 17(6): 501–9. <http://doi.org/10.1038/sj.jes.7500544>
- Waichman, A. V., Eve, E. and da Silva, N. C. (2007). Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the brazilian amazon. *Crop Protection*, 26(4): 576-583. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.05.011>
- OMS. (Organización Mundial de la Salud). (2009). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009 http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44271/9789241547963_eng.pdf;jsessionid=168A36018201FDE40FE4C7257C047160?sequence=1
- WHO/UNEP. (Public health impact of pesticides used in agriculture Geneva). (1990). (*World Health Organization*). (1990). <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/39772/1/9241561394.pdf> (Last checked: February 26th 2018).
- Wilson, C. & Tisdell, C. (2001). Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. *Ecological Economics*, 39: 449-462. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00238-5](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00238-5)
- Yerena, C. E., Hernández-Kelly, C. R., Ramírez, J., Riaño, M. E., López, M. R. and Fernández, S. (2005). Influencia del polimorfismo del CYP2E1 sobre el riesgo de intoxicación aguda por exposición a plaguicidas. *Bioquímica*, 30 (3): 68–75. <http://www.medigraphic.com/pdfs/bioquimia/bq-2005/bq053b.pdf>