

# VALORACIÓN DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN ADULTOS DEL SEXO MASCULINO EN SONORA, MÉXICO

## ESTIMATING THE RISK OF EXPOSURE TO ORGANOPHOSPHATE INSECTICIDES IN ADULT MALES FROM SONORA, MEXICO

MARIA ISABEL  
SILVEIRA GRAMONT

AMARILLAS  
CARDOZA, V. T.

RODRÍGUEZ  
OLIBARRIA, G.

MARÍA DE LOURDES  
ALDANA MADRID\*

Departamento de Investigación  
y Posgrado en Alimentos,  
Universidad de Sonora.

Hermosillo, Sonora

Correo para correspondencia:

\*aldana@guayacan.uson.mx

FABIOLA G.  
ZUNO FLORIANO

Department of Environmental  
Toxicology, University of  
California-Davis,

### Introducción

Los plaguicidas organofosforados son un grupo de productos químicos que se usan principalmente en la agricultura y en general son poco persistentes en el ambiente. El Diazinón es uno de los más persistentes, con una vida media (VM) en el suelo de 90 días, en contraste con el Malatión y Paratión que tienen una VM de una semana; además, el Paratión puede bioacumularse en forma de Paraoxón, el cual es aún más persistente (Gallo y Lawryk 1991).

Los organofosforados son ésteres derivados del ácido fosfórico que actúan sobre el sistema nervioso central inhibiendo la acetilcolinesterasa; los síntomas en intoxicaciones agudas son pérdida de reflejos, mareos, dolor de cabeza, náuseas, convulsiones y hasta la muerte (CICOPLAFEST 2004, Arcury *et al.* 2006a). Algunos de esos compuestos (Paratión) tienen efectos mutagénicos (Sánchez-Peña *et al.* 2004, Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo 2007). Los organofosforados son los compuestos más utilizados en la agricultura como insecticidas y acaricidas, y en Sonora se

### Resumen

Para evaluar la exposición a plaguicidas organofosforados (OF) en hombres adultos se meta-analizaron tres estudios caso-control de poblaciones de Sonora de las zonas Centro (Hermosillo), Norte (Caborca) y Sur (Valles Yaqui y Mayo). Se examinaron datos de encuestas y presencia/ausencia de residuos de OF en sangre, orina y/o semen de participantes. Se estimaron modelos de regresión logística y OR (Odds Ratio) para relacionar OF y factores de ocupación, vivienda y trabajo. Los resultados mostraron relación significativa entre OF y años de trabajo en sujetos del Centro y Sur, OR=9.43 y 5.12, respectivamente. La distancia entre vivienda y campos agrícolas mostró relación inversa con OF ( $p<0.02$ ) y OR=0.16. Efecto similar se observó entre OF y días post contacto (OR=0.005). No hubo efecto entre OF y equipo protector, posiblemente debido a que sólo 38% de los sujetos los usaban. El alto porcentaje (61%) de exposición incidental en sujetos control amerita estudios adicionales.

**Palabras clave:** Exposición a organofosforados, factores de riesgo, insecticidas.

### Abstract

To assess indicators of exposure to organophosphate pesticides (OP) on adult males three case-control studies from the regions Central (Hermosillo), Northern (Caborca), and Southern (Yaqui and Mayo Valleys) were meta-analyzed. Survey questionnaire data as well as pesticide residue presence/absence OP in blood, urine and/or semen were determined for each participant. Logistic regression models and OR (Odds Ratio) were estimated to determine relationship between OP and occupational, housing and working factors. The results showed that the relationship between OP and working years was significant in the Central and Southern regions, OR=9.43 and 5.12, respectively. Housing distance from the fields shows an inverse relationship ( $p<0.02$ ) with OP, and OR=0.16. Similar effect was observed for OP and days post exposure (OR=0.005). No effect was shown between OP and protective clothing, possible because only 38% of the subjects wore them. The high percentage (61%) of incidental exposure in the controls merits further studies.

**Key words:** Exposure to organophosphate, factors of risk, insecticides.

usan en los almacenes de granos y en los cultivos de hortalizas, frutales, granos y algodón (Albert 2005).

El uso intensivo de plaguicidas en las regiones agrícolas y urbanas del Estado de Sonora ha motivado varias investigaciones para detectar residuos de plaguicidas en personas (Aldana *et al.* 2003, Aldana *et al.* 2005). Algunos estudios realizados con este propósito han arrojado resultados positivos en cuanto a la presencia de residuos, lo que sugiere que las personas que están en contacto con estas sustancias, así como las que habitan en la cercanía a campos agrícolas pudieran tener mayor riesgo de exposición que las personas sin aparente exposición.

Para valorar la exposición en los seres humanos a plaguicidas se puede medir el nivel de residuos en los diferentes líquidos corporales. Este índice de exposición puede determinar una exposición aguda, profesional o incidental (Dosemeci *et al.* 2002, Schilmann 2010). La exposición se clasifica como profesional cuando se determina que en su trabajo habitual el individuo aplica plaguicidas, o está por cierto tiempo en un ambiente donde se aplican los plaguicidas. Entre los grupos con exposición prolongada se encuentra el personal que prepara los plaguicidas, pilotos, fumigadores, trabajadores del campo, trabajadores de almacenes de alimentos (granos) y personas que viven en localidades colindantes con campos agrícolas (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo 2007). Cuando se trata de personas que no están expuestas por ocupación (población general), el nivel de residuos es una medida de la exposición incidental y/o de exposición crónica para el caso de plaguicidas persistentes que se encuentran principalmente en la cadena alimenticia, incluyendo el agua (Anwar 1997).

El grado de contaminación depende de varios factores, tales como la formulación del plaguicida, el ingrediente activo, el tiempo de exposición, el contacto directo o indirecto, la cantidad

empleada, las mezclas de plaguicidas, el clima y temporada del año en que se aplica, y la edad de la persona, entre otros. (Dosemeci *et al.* 2002, Rothlein *et al.* 2006).

Existen evidencias que ayudan a determinar el riesgo de exposición crónica o incidental, tales como la historia personal, habitacional y ocupacional de los individuos en estudio, la historia clínica, o la presencia de los plaguicidas estudiados en el agua de consumo, en el suelo, en el ambiente, y en los alimentos frescos o procesados en la región donde habitan las poblaciones estudiadas. La exposición puede incrementarse por el tiempo dedicado a la actividad, la forma de exposición, el uso de equipo protector, la cercanía física de la vivienda a los campos agrícolas y/o a las plantas expendedoras de plaguicidas (Dosemeci *et al.* 2002, Kushik y Chandrabhan 2003, Aldana *et al.* 2005, Cortés-Genchi *et al.* 2008). El meta-análisis es una técnica metodológica y estadística para unir, resumir, y revisar resultados de investigaciones cuantitativas que tienen objetivos comunes. Siempre que exista un conjunto razonable de estudios primarios de investigación sobre el tema, se pueden investigar las posibles respuestas sobre alguna hipótesis de investigación (Petitti 2000). Una de las ventajas del meta-análisis es que combina en forma eficiente todas las investigaciones sobre un problema específico, como si fuera un estudio grande a lo largo del tiempo y con muchas observaciones (Becker *et al.* 2000). De acuerdo investigaciones de Arcury *et al.* (2006a), la técnica del meta-análisis ayuda a cuantificar los riesgos asociados con la exposición a plaguicidas en una población.

En estudios como el presente, una de las estadísticas que proporciona mejor información es la estimación del riesgo de exposición que puede realizarse con la "Razón de Momios" (Odds Ratio en inglés, abreviada OR); esta se define como el cociente entre  $p$  y  $(1-p)$  donde  $p$  es la probabilidad de tener residuos de plaguicidas y  $1-p$  es la probabilidad de no tenerlos (Kushik y Chandrabhan

2003, Ritter y Arbuckle 2007). El OR se estima con respecto a factores que puedan aumentarlo o disminuirlo. Cuando el valor de OR es mayor que “uno” esto indica que el factor considerado aumenta el riesgo de exposición a plaguicidas; en el caso de que el OR sea menos que uno, el factor considerado disminuye el riesgo, y se denota como factor “protector” (Bland y Altman 2000). Como cualquier estadístico, el OR está sujeto a variación, por lo que se pueden hacer intervalos de confianza y pruebas de hipótesis para conocer qué tan significativo es el riesgo (OR). El OR se puede estimar mediante tablas de contingencia o mediante modelos de regresión logística con datos binarios. La regresión logística estima la OR como la pendiente de la regresión en el modelo logístico (Coughlin *et al.* 1996).

El objetivo del estudio consistió en valorar los indicadores de exposición a plaguicidas organofosforados para evaluar su riesgo, así como los factores que lo aumentan o disminuyen. Para su obtención se realizó un resumen sistemático y meta-análisis de varios estudios realizados en Sonora, México sobre contaminación por insecticidas organofosforados (Paratión, Malatión, Clorpirifos y Diazinón) en hombres que por su ocupación han tenido exposición prolongada a

plaguicidas, contrastados con sujetos de la misma edad pero aparentemente no expuestos.

### Materiales y métodos

Para la recolección de información referente a los estudios realizados sobre la presencia de residuos de insecticidas organofosforados en humanos en el Estado de Sonora, se usaron los siguientes criterios de inclusión: a) Son estudios de casos y controles, donde los sujetos de análisis corresponden a personas del sexo masculino de edades entre 20 y 70 años, expuestos a plaguicidas y los controles son sujetos del mismo sexo y rango de edades, aparentemente no expuestos, b) Los estudios contienen cuestionarios personales con datos de identificación y de exposición y en algunos casos historias clínicas, y determinación de residuos de insecticidas organofosforados (Clorpirifos, Diazinón, Malatión y Paratión) en algún líquido corporal (suero, orina y/o semen) por cromatografía de gases. En el cuadro 1 se describen las regiones de Sonora donde se realizaron los estudios, el líquido corporal analizado, el número total de individuos participantes, el número de expuestos, y el tipo de exposición.

Cuadro 1. Estudios de exposición a insecticidas organofosforados de adultos del sexo masculino realizados en el Estado de Sonora donde se determinaron residuos de insecticidas.

Estudio	Líquido corporal analizado	Número de sujetos en el estudio	Sujetos expuestos	Tipo de Exposición
Región Centro: Hermosillo <sup>1</sup>	Semen	34	19	Trabajadores del control de plagas urbanas
Región Norte: Caborca <sup>2</sup>	Sangre, orina y semen	41	21	Trabajan y/o viven cerca de una planta de plaguicidas
Región Sur: Valles del Yaqui y del Mayo <sup>3</sup>	Sangre, orina y semen	63	51	Trabajan en agricultura y viven cerca de los campos agrícolas

<sup>1</sup>Fuente: Mada y Mendivil (2002).

<sup>2</sup>Fuente: Martínez y Pérez (2004) y Molina (2004).

<sup>3</sup>Fuente: Güitrón y Villegas (2006) y Hernández (2010).

En el estudio realizado en la región Centro (Hermosillo), la población objetivo estuvo integrada por los controladores de plagas pertenecientes a 67 empresas que se dedicaban a la aplicación de plaguicidas (Mada y Mendivil 2002). Este estudio se realizó con una muestra de 34 individuos del sexo masculino, de los cuales 19 eran controladores de plagas (representando el 8% de la población objetivo) y 15 eran personas del sexo masculino sin aparente exposición.

El segundo estudio fue realizado en la ciudad de Caborca; esta ciudad es la cabecera del municipio del mismo nombre, y la más cercana a la zona agrícola, la cual tiene una superficie de 107,000 ha y 1,005 pozos profundos que la irrigan, destacándose principalmente los cultivos de vid, trigo y algodón (INEGI 2010). La población objetivo estuvo integrada por personas del sexo masculino con cercanía física o de trabajo (la mayoría eran empleados administrativos) en empresas distribuidoras de plaguicidas. Se seleccionaron 24 individuos con las características deseadas y se agregó una muestra de 17 personas del sexo masculino con el mismo rango de edades de los expuestos (controles), pero sin aparente exposición (Molina 2004, Martínez y Pérez 2004).

Finalmente, el tercer estudio se realizó en una población de ejidatarios y jornaleros agrícolas que vivían en asentamientos y/o poblados ubicados a un lado de los campos agrícolas y que trabajaban en labores agrícolas en los Valles del Yaqui y del Mayo. Ambos valles tienen agricultura bajo riego en un 90% de su extensión. En los años del estudio (2004-2006) el 90% de los cultivos eran extensivos tales como maíz, trigo, oleaginosas y algodón (Encinas 2005). El resto se ocupaba con cultivos intensivos como hortalizas y frutas (INEGI 2005). El estudio se realizó en una muestra de 51 personas del sexo masculino que residían en los poblados y/o ejidos (Pueblo Yaqui, 5 de Junio y El Júpare) y trabajaban en labores agrícolas. Además, se seleccionó una muestra de 16 personas en el mismo rango de edades que el

grupo anterior, pero sin exposición aparente. Los participantes de los diferentes estudios firmaron un formato de consentimiento, y llenaron un cuestionario personal que contenía información sobre edad, estado civil, tipo de trabajo que desempeñaban, sobre la ubicación de su vivienda en relación a los campos agrícolas cercanos, tiempo de residencia, doce preguntas sobre la exposición a plaguicidas, y cuatro preguntas sobre uso de equipo de protección.

A los participantes de las regiones Norte y Sur se les solicitó una muestra de orina y se les extrajo una muestra de sangre y a los participantes de la región centro solamente se les solicitó una muestra de semen. Los análisis de las muestras que se incluyeron en este trabajo fueron únicamente los de residuos de insecticidas organofosforados (Paratión, Malatión, Diazinón y Clorpirifos). En el estudio de la región Norte, la extracción de insecticidas se realizó por el método de extracción en fase sólida (SPE), (Pitarch *et al.* 2003). En el estudio de la región Sur, para la extracción de insecticidas se empleó una técnica de extracción líquido-líquido (Dale y Miles 1970). Para la detección y cuantificación de insecticidas, se utilizó un cromatógrafo de gases Varian modelo CP-3800 con detector de captura de electrones.

En este trabajo se distinguieron tres tipos de exposición profesional: a) La que ocurre en los controladores de plagas urbanas, los cuales usualmente preparan los productos, cargan las bombas de aspersión y aplican los plaguicidas en edificios, viviendas, áreas verdes u otras en el casco urbano de Hermosillo; estos corresponden al grupo expuesto de la región Centro. b) La de trabajadores (aplicadores y/o administrativos) en fábricas de plaguicidas; estas personas pueden tener una exposición directa o indirecta a los plaguicidas que la empresa maneja y son los expuestos en la región Norte. c) La exposición que ocurre en trabajadores agrícolas, que además viven en las proximidades de los campos agrícolas; estos son los expuestos en la región Sur. Se agruparon

los individuos no expuestos de las tres regiones (controles), ya que tienen los mismos rangos de edades que los expuestos, y la mayoría de ellos viven en las áreas urbanas donde se realizaron los estudios.

Las bases de datos que se usaron en este estudio comprendieron los resultados de los cuestionarios personales y los residuos de insecticidas (Clorpirifos, Diazinón, Malatión y Paratión) encontrados en cada líquido corporal analizado. Estas bases de datos se organizaron en archivos de Excel con una lista descriptiva de todas las variables consideradas y una lista de los identificadores (claves y códigos para identificar los estudios y los sujetos dentro de cada grupo).

El meta-análisis se realizó con variables extraídas del cuestionario personal que identificaron las características de los sujetos analizados y la valoración de la continuidad de la exposición a los insecticidas estudiados, tales como años trabajados en agricultura, años trabajados en con-

trol de plagas, cuántas veces usó plaguicidas en su trabajo, aplicación de plaguicidas en su casa y otras similares, así como las variables que describen los residuos de insecticidas organofosforados detectados en los líquidos corporales que se determinaron en el estudio. En este trabajo solo se presentan los datos de residuos presentes (0) y no detectados (1), tomando la suma de organofosforados encontrados.

### Análisis estadísticos

a) Estadísticas descriptivas de historia de contaminación, características demográficas y uso de equipo personal de protección para plaguicidas.

b) Análisis de presencia de residuos (0) y no hay residuos (1) para cada estudio, así como para los controles.

c) Análisis de modelos de regresión logística para cada estudio por separado con los modelos:

$$\text{Log}(p/1-p) = \beta_0 + \beta_1 \times (\text{Años de exposición}) + \epsilon_i$$

$$\text{Log}(p/1-p) = \beta_0 + \beta_1 \times (\text{Distancia de vivienda a campo agrícola}) + \epsilon_i$$

$$\text{Log}(p/1-p) = \beta_0 + \beta_1 \times (\text{Días transcurridos desde la última exposición a plaguicidas}) + \epsilon_i$$

$$\text{Log}(p/1-p) = \beta_0 + \beta_1 \times (\text{Usa protección para aplicar plaguicidas (Si, No)}) + \epsilon_i$$

Donde  $\text{Log}(p/1-p)$  es la función logística de  $p$ ,  $p$  es la probabilidad de presentar residuos,  $\beta_0$  es la ordenada al origen, y  $\beta_1$  es la pendiente de la función logística, la cual estima el incremento en la razón de momios (Odds Ratio) de  $p$  cuando cambia  $X$ .

### Resultados y discusión

Los residuos de organofosforados encontrados difieren según el estudio, como se puede ver en el cuadro 2. En el Centro, los sujetos analizados eran asperjadores urbanos y el 100 % presentaron residuos de organofosforados en semen. De éstos, el más frecuente fue el Malatión (53 %), segui-

do del Paratión (44 %). Esto concuerda con la información del cuestionario personal referente a los insecticidas empleados, donde los de mayor frecuencia de aplicación fueron el Malatión y Paratión (Aldana *et al.* 2003). En este estudio se encontraron 31.6 % de sujetos con residuos en semen de dos o más insecticidas.

Cuadro 2. Porcentaje de positivos a residuos de los cuatro insecticidas organofosforados en muestras biológicas de los participantes en el estudio.

Estudio	Diazinon	Clorpirifos	Malatión	Paratión
Región Centro: Líquido Seminal	17.6	32.3	53	44
Región Norte: Sangre	37.5	67	54.2	37.5
Región Sur: Sangre y Orina	12.5	28	25	72

En la región Norte, el 52 % de los sujetos expuestos presentó residuos de organofosforados en sangre. El insecticida más frecuentemente encontrado en sangre fue el Clorpirifos (67 %).

En la región Sur, donde los sujetos son en su mayoría trabajadores agrícolas, se detectaron 38 % de los sujetos con algún residuo en sangre o en orina. La baja incidencia de residuos se debe que al momento de tomar las muestras de sangre la mayoría de los trabajadores agrícolas se encontraban en un período de descanso (agosto-octubre, épocas donde generalmente los trabajadores están desocupados de sus tareas de campo), como lo confirma el promedio de 93 días desde la última exposición (Tabla 2).

El Paratión fue el insecticida detectado con mayor frecuencia (72 %), debido a que es uno de los más empleados en esa zona, de acuerdo a las encuestas que se realizaron con los trabajadores.

El grupo de controles tuvo un promedio de 61 % positivos a residuos de organofosforados, siendo los controles de la región Centro (en líquido seminal) los que presentaron mayor número de positivos (93 %). Esto fue debido a que no se eliminaron del análisis de residuos los controles que manifestaron tener contacto con plaguicidas, ya que el cuestionario se realizó al mismo tiempo que se les solicitó la muestra de líquidos correspondientes.

En el cuadro 3 se puede ver de acuerdo a la región de estudio las estadísticas descriptivas de edad, tiempo de trabajo en agricultura o con plaguicidas, días transcurridos desde el último contacto con plaguicidas y distancia de la vivienda a los campos agrícolas. En el caso de los controles no hay trabajo con plaguicidas.

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas de los factores que pueden estar asociados con la presencia de residuos de insecticidas organofosforados en los tres estudios considerados, así como en los controles.

Grupos	Variable	n*	Media	D.E.**	Mínimo	Máximo	Mediana	Datos faltantes
Región Centro: Asperjadores urbanos	Edad (años)	19	33.89	11.58	18	64	32	0
	Tiempo de trabajo con plaguicidas (años)	18	6.83	6.60	1	24	5	1
	Días desde el último contacto con plaguicidas	18	4.22	3.30	1	15	3	1
Región Norte: Trabajan cerca de insecticidas	Edad (años)	23	37	8.70	24	51	37	0
	Tiempo de trabajo cerca de plaguicidas (años)	23	12	8.55	2	29	12	4
	Días desde el último contacto con plaguicida	16	28	79	2	365	9	7
Región Sur: Trabajadores agrícolas	Edad (años)	50	41.12	15.67	16	85	41.5	0
	Tiempo de trabajo agrícola	42	18.74	16.28	1	60	11	8
	Tiempo de trabajo con plaguicidas (años)	22	11.59	11.37	1	35	7.5	8
	Días desde el último contacto con plaguicidas	43	93.21	187.04	7	500	30	7
	Distancia de vivienda a campo agrícola (m)	50	294.00	380.74	10	1500	100	0
Controles	Edad (años)	46	31.5	9.17	20	70	29	9
	Días desde el último contacto con plaguicidas	28	121.5	129.95	15	365	60	3

\* Número de sujetos analizados; \*\* Desviación estándar.

La región Centro presenta un grupo de asperjadores con una edad menor y tiempo promedio de trabajo más bajo que los trabajadores agrícolas de la región Sur. Es importante tomar en cuenta que los asperjadores urbanos están en contacto con insecticidas diariamente y por más tiempo que los trabajadores agrícolas, aunque éstos tienen otros tipos de exposición, como lo es la ubicación de las viviendas cercanas a los campos agrícolas y en condiciones menos favorables (ya que no se tiene acceso al equipo de protección y no se cuenta con hábitos de higiene en general). Este mismo comportamiento se puede observar en otros trabajos realizados por Arcury *et al.* (2005, 2006b) y Rao *et al.* 2006, con familias de trabajadores agrícolas que tienen sus viviendas en los lugares de trabajo. Con respecto a los factores que promueven la presencia de residuos se puede observar en el cuadro 4 en la región Centro, los años de trabajo incrementan la probabilidad de aparición de residuos; aunque el modelo no es es-

tadísticamente significativo (esto debido al bajo número de sujetos de ese estudio), el valor de OR es de 9.43, que significa en este caso que para el promedio de años de trabajo (siete años) hay nueve veces más probabilidades de tener residuos (de organofosforados) que de no tenerlos. La figura 1 muestra el incremento de la probabilidad de residuos a través de los años. Esta asociación es explicada por el hecho de que los trabajadores de plagas con muchos años de experiencia no acostumbraban a tomar precauciones para usar los insecticidas, y probablemente tienen una mayor tolerancia a los efectos agudos de intoxicación por estas sustancias. Esto se comprueba mediante un análisis de varianza en donde se encontró que los trabajadores que usan protección (como guantes, mascarilla y/o ropa adecuada) tienen un promedio de ocho años de trabajo, mientras que los que no la usan tienen un promedio de 19 años ( $p < 0.0023$ ).

VALORACIÓN DEL RIESGO DE EXPOSICIÓN A INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN ADULTOS DEL SEXO MASCULINO EN SONORA, MÉXICO

Cuadro 4. Modelos de regresión logística, OR, valor de  $\chi^2$  del modelo y su probabilidad.

Modelos logísticos para factores que pueden incidir en la contaminación por residuos de organofosforados	OR	Valor de $\chi^2$ del modelo	Prob > $\chi^2$	
Región Centro: Años de trabajo en el control de plagas	$\text{Loge } \{p/(1-p)\} = 0.6877 + 0.098 \times (\text{Años trabajo})$	OR = 9.43	13.25	$p \leq 0.15$
Región Norte: Años de trabajo cerca de plaguicidas	$\text{Loge } \{p/(1-p)\} = 0.1977 + 0.005 \times (\text{Años trabajo})$	OR = 1.37	0.08	$p \leq 0.78$
Región Sur: Años de trabajo en agricultura y/o aplicando plaguicidas	$\text{Loge } \{p/(1-p)\} = -1.3815 + 0.028 \times (\text{Años trabajo})$	OR = 5.12	25.08	$p < 0.04$
Región Sur: Cercanía de la vivienda a campos agrícolas	$\text{Loge } \{p/(1-p)\} = 0.4049 - 0.0028 \times (\text{Distancia})$	OR = 0.16	5.19	$p < 0.02$
Regiones Centro y Sur: Días desde contacto con plaguicidas	$\text{Loge } \{p/(1-p)\} = -0.3554 - 0.0050 \times (\text{Días})$	OR = 0.005	3.09	$p < 0.07$

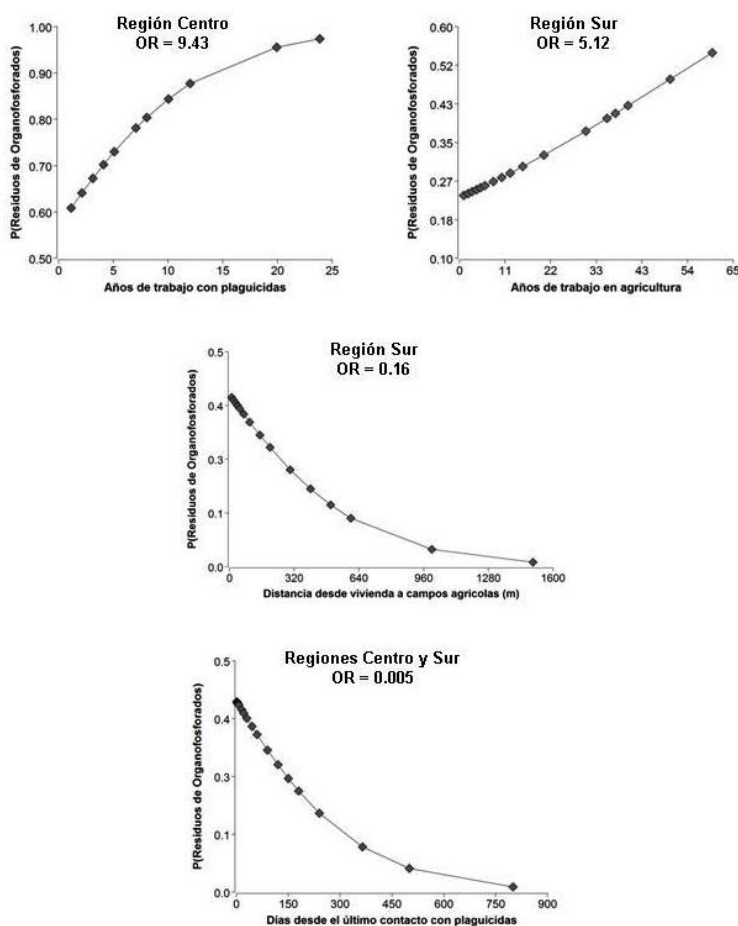


Figura 1. Curvas de probabilidad de residuos de organofosforados derivadas de los modelos logísticos descritos en el Cuadro 4, para estimar el tiempo (en años de trabajo) en las regiones Centro y Sur, distancia de la vivienda a campos agrícolas en la región Sur y días desde el último contacto con plaguicidas de las regiones Centro y Sur.



En la región Norte no se encontró ninguna asociación entre los años de trabajo y la presencia de residuos, probablemente debido a que no manejaban plaguicidas en forma directa.

En la región Sur la asociación entre esos dos factores se puede observar en la figura 1. Dicha asociación tiene significancia estadística (Tabla 4), aunque el OR es de 5.43, menor que en la región Centro.

Los agricultores viven a escasos metros de los campos agrícolas, con viviendas que han ido mejorándose con el paso del tiempo, pero la mayoría están sobre calles sin pavimentar y desprotegidas de la posible contaminación por las aspersiones aéreas que se suelen realizar de 3 a 4 veces en los ciclos agrícolas. Además, los residentes de esos poblados están expuestos al polvo y agua contaminada por plaguicidas, ya que muchas veces el agua la toman de los mismos canales de riego. Se puede observar además que la distancia de la vivienda del trabajador agrícola a los campos es un factor que incide en la presencia de residuos de organofosforados (Figura 1); esta asociación muestra una significancia de  $p < 0.02$ . El modelo logístico presenta una OR de 0.16, indicando esto que el estar más lejos de los campos agrícolas es un factor de protección para el trabajador.

Como los organofosforados tienden a eliminarse en un período relativamente corto, es importante relacionar el tiempo desde el último contacto con insecticidas con la presencia de residuos. Esta relación también muestra cierta significancia en el modelo de regresión logístico ( $p < 0.07$ ), y OR de 0.004. Como se puede ver en la figura 1 la probabilidad de tener residuos disminuye con los días desde el último contacto con plaguicidas.

En este estudio se pudo corroborar que el uso de equipo protector para la aplicación de plaguicidas reduce el riesgo de contaminarse con insecticidas organofosforados, aunque esta reducción no fue estadísticamente significativa debido a la

baja frecuencia de uso (solo 38% de los que aplicaban plaguicidas, usaban protección). Estudios epidemiológicos realizados por Haro (2007) con trabajadores-jornaleros agrícolas dedicados a la producción de uva, comprobó la ausencia o no uso de equipo de protección, así como la falta de capacitación en el uso de fertilizantes y plaguicidas; indica además, que buena parte de la exposición a riesgos de trabajo se vincula no sólo con condiciones laborales deficientes, sino también con factores culturales, étnicos y de género.

Los estudios realizados en los últimos años (Dosemeci *et al.* 2002, Schilmann *et al.* 2010, Arcury *et al.* 2006) han puesto énfasis en caracterizar mejor el modo frecuencia e intensidad de la exposición a los plaguicidas que más se usan, con el fin de valorar con mayor detalle el riesgo de la exposición crónica o profesional a dichos plaguicidas.

Por otra parte, la uniformidad de los datos proporcionados por los sujetos estudiados, la información adicional de prácticas de trabajo, y otros elementos que ayuden a la corroboración del historial de exposición son elementos fundamentales para obtener un panorama claro sobre el riesgo de exposición.

## Conclusiones

En este estudio se comprueba que la contaminación de los trabajadores de plagas urbanas es más intensiva (tanto en frecuencia como en horas de exposición), aunque el hecho de que los organofosforados fueron encontrados en el líquido seminal no nos permite comparar estos datos con el resto, los cuales fueron detectados en sangre y/o en orina.

Los años de trabajo se asocian con una mayor incidencia de residuos en los trabajadores agrícolas (Sur) y los del control de plagas (Centro). La distancia de la vivienda a los campos agrícolas se

muestra como un factor protector de la contaminación por plaguicidas organofosforados. Del mismo modo, el tiempo transcurrido desde el último contacto con plaguicidas muestra una relación significativa con la presencia de residuos. El tiempo de exposición diario de los trabajadores tanto agrícolas como los controladores de plagas, es un factor a considerar en futuros estudios, para determinar el grado de exposición.

### Referencias bibliográficas

- Albert, L., 2005. Panorama de los plaguicidas en México. *Revista de Toxicología en Línea (RETEL)*. No. 8. En: <<http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>> 11/12/2010.
- Aldana, M.M.L.; Mendívil, G.C.I.; Mada, G.C.D.; Silveira, G.M.I.; Navarro, H.J.L., 2003. Alteraciones en el análisis de líquido seminal de aplicadores de insecticidas en el medio urbano. *Acta Médica de Sonora*. 4, pp. 5-7. Hermosillo, Sonora, México.
- Aldana-Madrid, M.L.; Molina-Romo, E.D.; Rodríguez-Olibarria, G.; Silveira-Gramont, M.I., 2005. Study of organophosphate insecticides and biochemical indicators in blood and urine of urban adult males. *American Chemical Society, Division of Agrochemicals. 229th ACS National Meeting, San Diego, CA, USA. PICOGRAM and Abstracts*. 68, pp. 71.
- Anwar, W.A., 1997. Biomarkers of human exposure to pesticides. *Environmental Health Perspectives*. 105(4), pp. 801-806.
- Arcury, T.A.; Quandt, S.A.; Rao, P.; Doran, A.M.; Snively, B.M.; Barr, D.B.; Hoppin, J.A.; Davis, S.W., 2005. Organophosphate pesticide exposure in farmworker family members in Western North Carolina and Virginia: Case comparisons. *Human Organization*. 64(1), pp. 40-51.
- Arcury, T.A.; Quandt, S.A.; Barr, D.B.; Hoppin, J. A.; McCauley, L.; Grzywacz, J.G.; Robson, M.G., 2006a. Farmworker exposure to pesticides: Methodology issues for the collection of comparable data. *Environmental Health Perspectives*. 114(6), pp. 923-928.
- Arcury, T.A.; Grzywacz, J.G.; Davis, S.W.; Barr, D.B.; Quandt, S.A., 2006b. Organophosphorus pesticide urinary metabolite levels of children in farmworker households in Eastern North Carolina. *American Journal of Industrial Medicine*. 49, pp. 751-760.
- Becker, J.B.; Ann, S.T.; Thacker, B., 2000. Meta-analysis of observational studies in epidemiology: a proposal for reporting. *Journal of the American Medical Association*. 283, pp. 2008-2012.
- Bland, J.M. and Altman, D.G., 2000. Statistics notes: The odds ratio. *British Medical Journal*. 320, pp.1468.
- CICOPLAFEST. 2004. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. *Catálogo Oficial de Plaguicidas*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría de Salud, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México, D.F.
- Cortés-Genchi, P.; Villegas-Arrizón, A.; Aguilar-Madrid, G.; María del Pilar Paz-Román, M.P.; Maruris-Reducindo, M.; Juárez-Pérez, C.A., 2008. Síntomas ocasionados por plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Médica del Instituto Mexicano de Seguro Social*. 46(2), pp.145-152.
- Coughlin, S.S.; Benichou, J.; Weed, D.L., 1996. Estimación del riesgo atribuible en los estudios de casos y controles. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. 121(2), pp. 143-158.
- Dale, W.E. and Miles, J.W., 1970. Quantitative method for determination of DDT and DDT metabolites in blood serum. *Journal of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International*. 53, pp.1287-1292.

- Dosemeci, M.; Alavanja, M.C.; Rowland, A.S.; Mage, D.; Zahm, S.H.; Rothman, N.; Lubin, J.H.; Hoppin, J.A.; Sandler, D.P.; Blair A., 2002. A quantitative approach for estimating exposure to pesticides in the agricultural health study. *Annals of Occupational Hygiene*. 46(2), pp. 245-260.
- Encinas, K.R. 2005. La agricultura en los agrogocios en el sur del estado de Sonora. Tesis de Licenciatura en Administración. Instituto Tecnológico del Estado de Sonora. Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Gallo, M.A. and Lawryk, N.J. 1991. Organic phosphorus pesticides. In *Handbook of Pesticide Toxicology*. Hayes, W.J., Jr. and Laws, E.R., Jr. (eds). Academic Press, New York, NY, USA. Pp. 3-5.
- Güitrón, O.L.S. y Villegas, C.A.A. 2006. Evaluación de la exposición a plaguicidas en líquidos corporales de residentes masculinos del sur de Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, Unidad Sur. Hermosillo, Sonora, México.
- Hernández Montiel, E. 2010. Determinación de insecticidas en líquidos corporales de residentes masculinos de áreas agrícolas del sur de Sonora. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, Unidad Centro. Hermosillo, Sonora, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. edición 2005. Anuario Estadístico del Estado de Sonora, México
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Anuario Estadístico del Estado de Sonora, México.
- Kushik, J. and Chandrabhan, D., 2003. Sources of exposure to and public health implication of organophosphate pesticides. *Pan American Journal of Public Health*. 14, pp. 171-185.
- Mada, G.C.D. y Mendivil, G.C.I. 2002. Alteraciones en el análisis de líquido seminal de aplicadores de insecticidas en el medio urbano. Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, Unidad Centro. Hermosillo, Sonora, México.
- Martínez, M.E. y Pérez, G.G. 2004. Estudio del efecto de insecticidas organofosforados sobre el ADN nuclear del espermatozoide y su relación con la calidad del semen. Universidad de Sonora. Tesis de Licenciatura. Hermosillo, Sonora.
- Martínez-Valenzuela, C. y Gómez-Arroyo, S., 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 23(4), pp. 185-200.
- Molina Romo, E.D. 2004. Biomonitorio de insecticidas organofosforados e indicadores bioquímicos en suero sanguíneo y orina de población urbana. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora, Unidad Centro. Hermosillo, Sonora, México.
- Petitti, D.B. 2000. Meta-analysis, decision analysis and cost effectiveness analysis in medicine. 2nd. edition. Oxford University Press, New York, NY, U.S.A.
- Pitarch, E.; López, J.; Serrano, R.; Hernández, F., 2003. Rapid multi-residue determination of organochlorine and organophosphorus compounds in human serum by solid-phase extraction and gas chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 376, pp.189-197.
- Rao, P.; Gentry, A.L.; Quandt, S.A.; Davis, S.W.; Snively, B.M.; Arcury, T.A., 2006. Pesticide safety behaviors in latino farmworker family households. *American Journal of Industrial Medicine*. 49, pp.751-760.
- Ritter, L. and Arbuckle, T.E., 2007. Can Exposure characterization explain concurrence or discordance between toxicology and Epidemiology? *Toxicological Sciences* 97(2), pp. 241-252.
- Rothlein, J.; Rohlman, D.; Lasarev, M.; Phillips, J.; Muniz, J.; McCauley, L., 2006. Organophosphate pesticide exposure and neurobehavioral performance in agricultural and non-agricultural hispanic workers. *Environmental Health Perspectives*. 114(5), pp. 691-696.

Sánchez-Peña, L.; Reyes, B.; López-Carrillo, L.; Recio, R.; Morán-Martínez, J.; Cebrián, M.; Quintanilla-Vega, B., 2004. Organophosphorous pesticide exposure alters sperm chromatin structure in Mexican agricultural workers. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 196, pp. 108-113.

Schilmann, A.; Lacasaña, M.; Blanco-Muñoz, J.; Aguilar-Garduño, C.; Salinas-Rodríguez, A.; Flores-Aldana, M.; Cebrián, M.E., 2010. Identifying pesticide use patterns among flower growers to assess occupational exposure to mixtures. *Occupational and Environmental Medicine*. 67, pp. 323-329.