



**Instituto Nacional de Salud Pública**  
Escuela de Salud Pública de México

**“Predictores ocupacionales de las  
concentraciones de Dialquilfosfatos (DAPs) en  
floricultores de Morelos y Estado de México”**

**Maestría en Ciencias de la Salud**  
Área de concentración: Salud ambiental  
Generación: 2010-2012

**Karina Roxana Antonio Martínez**

**Directora de tesis**  
Dra. Julia Blanco Muñoz

**Asesores**  
M. en C. María Consuelo Escamilla Núñez  
Dr. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez  
M. en C. Astrid Shilmann Halbinger

## RESUMEN

**ANTECEDENTES:** En México, se cultiva una superficie de 22,000 hectáreas de flores. Los estados con mayor producción a nivel nacional son Estado de México, Michoacán y Morelos, aunque existen aproximadamente 10 mil productores dedicados al cultivo de la flor, en México, no existen estudios que hayan evaluado el papel de las características relacionadas con esta ocupación, como predictores de las concentraciones de plaguicidas en matrices biológicas.

**OBJETIVO:** Evaluar qué características del trabajo en la floricultura, específicamente el tipo de actividades realizadas por los floricultores, el uso de Equipo de Protección Personal (EPP) y el lugar donde realizan dichas actividades, se asocian con las concentraciones de metabolitos de plaguicidas organofosforados (OPs) en orina.

**METODOLOGÍA:** Se realizó un estudio transversal que incluyó a 117 floricultores de los estados de Morelos y Estado de México, de quienes se obtuvo información sobre características sociodemográficas, hábitos y características específicas del trabajo en la floricultura (actividades que realizan, lugar dónde se desarrolla el trabajo, uso de equipo de protección personal, duración de la jornada laboral, días laborados por semana). De acuerdo a las actividades desarrolladas por los floricultores en el trabajo, se construyeron *a priori* tres categorías de contacto con plaguicidas: “contacto alto”, “contacto medio” y “contacto bajo”. El uso de EPP se clasificó como aceptable, medianamente aceptable e inaceptable. Asimismo, se obtuvieron muestras de la primera orina de la mañana para determinar seis metabolitos dialquifosfatos (DAPs) comunes de OPs: dimetilfosfato (DMP), dimetiltiofosfato (DMTP), dimetilditiofosfato (DMDTP), dietilfosfato (DEP), dietiltiofosfato (DETP), y dietilditiofosfato (DEDTP), mediante el método propuesto por Ueyama *et al.*, 2006. Las concentraciones de dimetil y dietil, fueron sumadas para calcular la concentración de fosfato metil ( $\Sigma$ DMP) etil ( $\Sigma$ DEP) y concentración total de DAPs ( $\Sigma$ DAP) para cada muestra.

**RESULTADOS:** Los metabolitos metilados se cuantificaron con mayor frecuencia y presentaron concentraciones más elevadas que los etilados (mediana: 1.1  $\mu$ mol/g creatinina vs 0.2  $\mu$ mol/g creatinina, respectivamente). Tras ajustar por potenciales

confusores, los floricultores que realizaban actividades consideradas como de contacto alto o medio con plaguicidas tuvieron concentraciones más elevadas de DMPs (0.3 y 0.4  $\mu\text{mol/g}$  creatinina, respectivamente) y DAPs totales (0.3  $\mu\text{mol/g}$  creatinina para ambos) que quienes realizaban actividades de contacto bajo (categoría de referencia). Los que trabajaron en condiciones de invernadero tuvieron concentraciones de DMPs y DAPs totales (0.3  $\mu\text{mol/g}$  creatinina para ambos) más elevadas que quienes trabajaban exclusivamente al aire libre (categoría de referencia) y quienes utilizaron EPP en forma aceptable tuvieron concentraciones menores de DMPs y DAPs totales (-0.5 y -0.4  $\mu\text{mol/g}$  creatinina, respectivamente). Estos resultados fueron estadísticamente significativos. No se encontraron diferencias significativas para los metabolitos etilados.

**CONCLUSIONES:** Las características relacionadas con el trabajo en la floricultura se asociaron con diferentes niveles de exposición a plaguicidas OPs. Estos resultados pueden coadyuvar a establecer normas y diseñar programas destinados a disminuir los riesgos a la salud en estos trabajadores.

**Palabras clave:** Floricultores, plaguicidas organofosforados, metabolitos dialquilfosfato, predictores ocupacionales.

## INTRODUCCION

En México se han usado plaguicidas desde fines del Siglo XIX, empleándose hasta mediados del siglo pasado cerca de 40 compuestos de tipo botánico o inorgánico. La aplicación intensiva de plaguicidas sintéticos inició en México por 1948, con la introducción del DDT y posteriormente de otros plaguicidas, entre ellos los Organofosforados (OPs) (Albert, 2005). Estos últimos, por su baja persistencia en el medio ambiente y su alta efectividad, son ampliamente utilizados en todo el mundo (Badii y Varela, 2008). En México existen 275 empresas nacionales e internacionales que fabrican, formulan, maquilan e importan plaguicidas de uso agrícola. El número de toneladas de plaguicidas o ingredientes activos para su formulación al año, se aproxima a las 55,000 toneladas de plaguicidas en el país. La Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, A.C. (AMIFAC), señala que se utilizan anualmente en promedio 25,516.71 toneladas de insecticidas. En el país, de 2005 a 2009 se produjeron 21,118.00 toneladas (INEGI, 2009).

Entre los colectivos que con mayor frecuencia e intensidad se exponen a plaguicidas en general y OPs en particular se encuentran los trabajadores agrícolas. Estos pueden exponerse ocupacionalmente por contacto directo, al realizar mezclas, mientras los cargan o aplican las formulaciones; así como por contacto con residuos que permanecen en los cultivos, o por ingresar a los campos de cultivo sin respetar el periodo de seguridad requerido tras una fumigación (Coronado *et al.*, 2004; Blanco-Muñoz y Lacasaña 2011). La vía por la que estos compuestos ingresan al organismo es dérmica, respiratoria y digestiva. Las dos primeras constituyen las rutas más comunes de penetración en el ámbito laboral. Las vías inhalatoria y dérmica están estrechamente relacionadas con la exposición en las distintas operaciones en que se pueden manipular este tipo de productos, por parte de agricultores con distintas actividades o de personas que accidentalmente pueden entrar en contacto con ellos sin manipularlos (Obiols, 1998).

Los floricultores constituyen una población especialmente expuesta. Las flores son atacadas fácilmente por diversas plagas y, para ser económicamente rentables, su cultivo requiere de grandes cantidades de plaguicidas, de la aplicación de fertilizantes, conservantes químicos y de la colocación de plásticos para cubrir los invernaderos; además, puesto que no se consumen como alimento, tienen menos limitaciones en lo referente a niveles de residuos de plaguicidas (Schilman *et al.*, 2010).

En México, se cultiva una superficie de 22,000 ha de flores. Los estados con mayor producción a nivel nacional son Estado de México, Michoacán y Morelos (Boletín ASERCA, 2008). Aunque en el país, existe una población considerable que se dedica a la floricultura (aproximadamente, 10 mil), no existen estudios que hayan evaluado a través de biomarcadores, la exposición a plaguicidas en trabajadores empleados en este tipo de industria.

Previamente, en una muestra de 104 floricultores del estado de Morelos, encontramos que éstos utilizaban frecuentemente plaguicidas OPs, específicamente ometoato, oxydemeton, metamidofos clorpirifos y malation. El 90% presentaron niveles detectables al menos de un metabolito dialquilfosfato (DAP) en orina. Sin embargo las concentraciones de DAPs variaron entre 34.3 y 2270.8 µg/g creatinina (Blanco-Muñoz *et al.*, 2010). Factores tanto ocupacionales como ambientales, podrían estar involucrados en las amplias diferencias observadas.

Entre los factores ocupacionales, el tipo de actividades desempeñadas en el trabajo, el uso de equipo de protección personal (EPP) y el lugar donde se desarrolla el trabajo (aire libre ó invernadero), pueden acarrear una menor o mayor exposición a plaguicidas en general y en particular a OPs.

Algunos estudios realizados en otros países han investigado el efecto de variables ocupacionales sobre las concentraciones de biomarcadores de exposición a plaguicidas en agricultores ocupacionalmente expuestos a estos productos, con resultados inconsistentes (Alavanja *et al.*, 1999; Ohayo-Mitoko *et al.*, 1999; Hernández-Valero *et al.*, 2001; Arbuckle *et al.*, 2002; Coronado *et al.*, 2004; Quandt *et al.*, 2006; Yucra *et al.*, 2006; Del Prado-Lu, 2007; Bhatti *et al.*,

2010; Hofmann *et al.*, 2010), sin embargo, en México, no hemos encontrado información al respecto. Dado que las características del trabajo agrícola en general y en la floricultura, en particular, pueden diferir entre poblaciones, los resultados de los estudios mencionados no pueden aplicarse al contexto mexicano.

El objetivo de este estudio fue evaluar, qué características del trabajo realizados por los floricultores, el uso de EPP y el lugar donde realizan la actividad, se asocian con las concentraciones de metabolitos de OPs en orina.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***Población de estudio***

Este análisis surge a partir de un estudio transversal realizado con floricultores del Estado de México y Morelos durante el periodo julio-octubre de 2004 y cuyo objetivo fue evaluar la asociación entre las concentraciones de DAPs en orina y el perfil hormonal masculino. En este contexto y, dado que se disponía de información sobre diversas características laborales de los floricultores, se buscó responder al objetivo del estudio.

Se obtuvo información completa de 117 trabajadores empleados en 57 empresas floricultoras del Estado de México y Morelos. Fueron floricultores sanos entre 18 y 52 años, con al menos 6 meses laborando en la floricultura. A todos los trabajadores elegibles se les informó acerca de los objetivos generales y los procedimientos del estudio y, se les invitó a participar en el mismo. Los que aceptaron, firmaron un formato de consentimiento informado. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética del Instituto Nacional de Salud Pública.

Los trabajadores realizaban diversas actividades que involucran diferentes niveles de exposición a los plaguicidas, desde tareas administrativas hasta la mezcla y aplicación de los mismos. Del total de trabajadores, se incluyó a 15 productores que laboraban en una empresa que utilizaba métodos de producción orgánica.

### ***Recolección de información***

De acuerdo a los calendarios establecidos para la fumigación en cada una de las empresas, se concertaron citas para la toma de muestras biológicas y aplicación de cuestionarios, que se realizaron siempre al día siguiente de una fumigación. Los días previos a ésta, enfermeras entrenadas proporcionaron a cada uno de los trabajadores un recipiente para la colección de orina, así como un instructivo para realizar la autotoma de forma correcta, y así evitar la contaminación de la muestra. Se pidió a los trabajadores que, al día siguiente de la fumigación, se tomaran una muestra de la primera orina de la mañana (antes de las 8:00 AM). Ese mismo día se les aplicó un cuestionario para obtener información sobre características sociodemográficas (edad, educación, ingreso y estado civil), antropometría (peso y talla), consumo de alcohol y tabaco, y antecedentes patológicos personales. Además se les preguntó con detalle acerca de las características de su trabajo en la floricultura (tareas que desempeñan, utilización de EPP, lugar dónde realizan su trabajo, jornada laboral y días trabajados por semana). Esta información se recabó para la fumigación previa a la aplicación del cuestionario y toma de muestras biológicas.

### ***Determinación de DAPs en orina***

Las muestras de orina se mantuvieron en congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis. La determinación de las concentraciones de DAPS se realizó en el Centro de Investigaciones Avanzadas en la Cd. de México.

Se determinaron seis metabolitos DAPs comunes de plaguicidas organofosforados: dimetilfosfato (DMP), dimetiltiofosfato (DMTP), dimetilditiofosfato (DMDTP), dietilfosfato (DEP), dietiltiofosfato (DETP), y dietilditiofosfato (DEDTP). Estos metabolitos no son específicos para un organofosforado en particular pero son útiles para estimar la exposición a varios plaguicidas organofosforados (Costa *et al.*, 2005).

La extracción de DAPs de la orina se llevo a cabo por el método propuesto por Ueyama *et al.*, (2006). Los compuestos fueron determinados por cromatografía de gases usando un detector de flama fotométrico para emisiones de fosforo. Los

límites de cuantificación (LOQ) y de detección (LOD) se calcularon de acuerdo a las especificaciones de la Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (US EPA, 2000) y tuvieron valores de 50 y 22.5 µg/l, respectivamente. Para los valores no cuantificables o trazas, el laboratorio asignó la mitad del valor del LOQ (25 µg/l) y para los valores no detectables se les asignó la mitad del valor del LOD (11.25 µg/l).

Las concentraciones de los metabolitos fueron ajustadas usando concentraciones de creatinina para corregir por diluciones variables en orina. Las concentraciones de creatinina urinaria fueron determinadas por espectrofotometría usando un kit comercial (Randox Creatinine Kit).

Debido a que cada metabolito tiene diferentes pesos molares, las concentraciones de dimetil (DMP, DMTP, y DMDTP) y dietil (DEP, DETP y DEDTP), fueron convertidas a unidades molares (µmol/g creatinina) y sumadas para calcular la concentración de fosfato metil (ΣDMP) etil (ΣDEP) y concentración total de DAPs (ΣDAP) para cada muestra (Lu *et al.*, 2000).

### **Medición de las características de la ocupación**

A través de un cuestionario se obtuvo información de cada trabajador acerca de las características del trabajo en la floricultura como, el tipo de actividades que realizaba, el lugar dónde desarrollaba estas actividades, el tipo y la frecuencia con la que usaba el equipo de protección personal (cuadro I), la duración de su jornada laboral (horas trabajadas en el día y días trabajados en la semana) y antigüedad en la floricultura.

**Cuadro I. Características del trabajo en la floricultura**

<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Actividades</b>	<b>Lugar donde desarrolla su trabajo</b>	<b>Equipo de protección</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gerente</li> <li>✓ Ingeniero</li> <li>✓ Supervisor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mantenimiento de instalaciones</li> <li>✓ Mezclador de tierra</li> <li>✓ Siembra</li> <li>✓ Colocación y desmontaje de plásticos</li> <li>✓ Corte de flores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aire libre</li> <li>✓ Invernadero</li> <li>✓ Ambas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ninguno</li> <li>✓ Gorra o sombrero</li> <li>✓ Mascarilla de filtro o cartucho</li> <li>✓ Mascarilla de papel en boca y nariz</li> <li>✓ Overol impermeable</li> <li>✓ Saco impermeable</li> <li>✓ Pantalón impermeables</li> </ul>

**Continuación Cuadro I. Características del trabajo en la floricultura**

Puesto de trabajo	Actividades	Lugar donde desarrolla su trabajo	Equipo de protección
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Desbotonar flores</li> <li>✓ Esquejear</li> <li>✓ Mezclador de plag.</li> <li>✓ Fumigador</li> <li>✓ Deshierbe</li> <li>✓ Regar</li> <li>✓ Empaque de flores</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Guantes impermeables</li> <li>✓ Botas</li> <li>✓ Lentes</li> </ul>

De acuerdo a las actividades desarrolladas por los floricultores en el trabajo, se construyeron *a priori*, considerando la probabilidad de exponerse a los plaguicidas, en tres categorías:

- Categoría de “contacto alto”: se incluyeron en ésta floricultores que utilizaban plaguicidas en el proceso de cultivo y que estaban en contacto directo con estos productos: fumigadores, encargados de equipo de fumigación y mezcladores de plaguicidas, independientemente de que realizaran otro tipo de actividades.
- Categoría de “contacto medio”: se incluyeron floricultores que laboraban en empresas que utilizaban plaguicidas pero que no realizaban las actividades incluidas en la categoría anterior. Las actividades que se incluyeron en esta categoría fueron mantenimiento de instalaciones, mezclador de tierra, siembra, corte de flores, desbotonar, esquejear, regar, deshierbar y empaque de flores.
- Categoría de “contacto bajo”: se incluyeron trabajadores que no tenían ningún tipo de contacto, o éste era ocasional, con plaguicidas (gerente, supervisor, administrativo e ingeniero) y trabajadores que utilizaban métodos orgánicos de producción.

El lugar de trabajo se clasificó en tres categorías: aire libre, invernadero y ambas. Cuando la distancia entre la casa del floricultor y el invernadero estaba a menos de 1000 m se consideró que este vivía cerca y, en el caso de los campos

de cultivo se considero que vivía cerca cuando la distancia entre su casa y los campos no excedían de los 2000 metros.

El uso correcto de medidas de EPP, conforme a lo propuesto por García *et al.* (2002), fue prácticamente inexistente, por lo que para los efectos de este estudio y con el fin de tener variabilidad en la distribución, se decidió categorizar esta variable de la siguiente manera:

- Uso aceptable: cuando el trabajador utilizaba mascarilla de filtro más alguna prenda impermeable que fuera overol, pantalón o saco.
- Medianamente aceptable: cuándo el trabajador utilizaba mascarilla de filtro ó alguna prenda impermeable que fuera overol, pantalón o saco.
- No aceptable: cuando el trabajador no utilizaba mascarilla de filtro ni overol, pantalón o saco impermeable, independientemente de que utilizara otro tipo de prendas de protección.

### ***Análisis Estadístico***

Se realizó un análisis descriptivo de las características generales y de su ocupación, así como de las concentraciones de los metabolitos; a través de frecuencias y porcentajes o medidas de tendencia central y dispersión de acuerdo al tipo de variable (o característica). Cabe mencionar que las concentraciones de metabolitos que se utilizaron en este análisis corresponden a los valores asignados por el laboratorio.

Se compararon las concentraciones de DAPs de acuerdo a las categorías de “contacto con plaguicidas”, de “lugar de trabajo” y de “uso de EPP”, a través de la prueba no-paramétrica Kruskal-Wallis, para evaluar las diferencias de las distribuciones de los DAPs entre dichas categorías.

Fueron utilizados modelos de regresión lineal con varianza robusta para evaluar la asociación entre las características del trabajo en la floricultura y las concentraciones de los metabolitos DAPs. Los modelos incluyeron las variables ocupacionales de interés (contacto con plaguicidas, lugar donde se desarrollan las tareas y uso de EPP, horas trabajadas por día y días trabajados por semana), así como otras variables potencialmente confusoras (edad, consumo de tabaco y

número de años empleados como trabajador florícola). En los tres modelos (metilos, etilos y DAPs totales) fue necesario transformar la variable dependiente a logaritmo natural para cumplir con el supuesto de normalidad en los residuos. Los modelos fueron evaluados a través de un diagnóstico de residuos y con pruebas de bondad de ajuste. Adicionalmente, fueron generados valores aleatorios con distribución normal para las concentraciones de los metabolitos DAPs por debajo del límite de cuantificación y detección, para la realización de un análisis alternativo (Anemiya, 1973).

## RESULTADOS

### *Características de la población*

Se trata de una población relativamente joven con una edad promedio de 33 años, en su mayor parte casados y residentes en estado de Morelos. Alrededor del 50% de los trabajadores tenían o sobrepeso u obesidad y reportaron fumar en la actualidad; y en cuanto al consumo de alcohol, los datos mostraron que la mayoría de los floricultores consumía en mayor o menor medida esta sustancia (cuadro II).

**Cuadro II. Características de la población**

<b>Variable</b>	<b>n = 117</b>	<b>Frecuencia (%)</b>
<b>Edad</b>		
Media $\pm$ DE* (rango)		33 .1 $\pm$ 8.9 (18-52)
<b>Educación (años completados)</b>		
Media $\pm$ DE* (rango)		8.75 + 4.22 (0-19)
<b>Estado</b>		
Morelos	94	80.3
México	23	19.7
<b>IMC</b>		
Peso normal (17.5-24.9)	56	47.9
Sobrepeso (25-29.9)	46	39.3
Obesidad ( $\geq 30$ )	15	12.8
<b>Estado civil</b>		
Casado ó unión libre	87	74.4
Soltero	30	25.6

### Continuación Cuadro II. Características de la población

Variable	n = 117	Frecuencia (%)
<b>Consumo de alcohol</b>		
No consume	24	20.5
<30 gr/día	78	66.7
> 30 gr/día	15	12.8
<b>Consumo de tabaco</b>		
No ha fumado nunca	24	20.5
Ex fumador	34	29.1
Fuma actualmente	59	50.4

\*DE= Desviación estándar

### **Características de la ocupación**

La mayor parte de los trabajadores realizaban más de una actividad durante su jornada laboral. Las actividades que los trabajadores realizaron con mayor frecuencia fueron: fumigador (50.4%) y mezclador de plaguicidas (42.7%). Cabe mencionar que el promedio de actividades realizadas por cada trabajador fue de 2 (rango de 1-9); y entre los que manipulaban directamente plaguicidas realizaban, en promedio una actividad; más del 50% de los trabajadores desarrollaban su trabajo en invernadero y sólo 20.5% trabajó exclusivamente al aire libre. En cuanto a la utilización de EPP, 38.5% de los trabajadores no utilizó ninguna prenda, siendo la mascarilla de filtro o cartucho la que utilizaron con más frecuencia. Por el contrario, la frecuencia de uso de prendas impermeables (overol, saco, pantalón, guantes y botas) fue, generalmente, menos del 10%. La mayor parte de los floricultores tenían más de 10 años de antigüedad en la empresa. Poco más de la mitad vivían cerca de los invernaderos (<500 m) y 29% cerca de otros campos de cultivo. Las horas trabajadas por día fueron, en promedio de 7.5 y el número de días laborables por semana fue, en promedio de 6 (cuadro III).

**Cuadro III. Características del trabajo en la floricultura**

Variable	n (117)	Frecuencia (100%)
<b>Actividades</b>		
Gerente	1	0.9
Ingeniero	4	3.4
Supervisor	4	3.4
Mantenimiento de instalaciones	2	1.7
Mezclador de tierra	6	5.1
Mezclador de plagicidas	50	42.7
Fumigador	59	50.4
Encargado equipo de fumigación	5	4.3
Siembra	12	10.3
Colocación y desmontaje de plásticos	3	2.6
Corte de flores	12	10.3
Desbotonar flores	3	2.6
Esquejear	5	4.3
Deshierbe	10	8.6
Regar	23	19.7
Empaque de flores	4	3.4
<b>Lugar donde desarrolla su trabajo</b>		
Aire libre	24	20.5
Invernadero	73	62.4
Ambas	20	17.1
<b>Equipo de protección personal</b>		
Ninguno	45	38.5
Gorra o sombrero	21	18.0
Mascarilla de filtro o cartucho	34	29.1
Mascarilla de papel en boca y nariz	14	12.0
Overol impermeable	10	8.6
Saco impermeable	1	0.9
Pantalón impermeables	1	0.9
Guantes impermeables	8	6.8
Botas impermeables	15	12.8
Lentes	5	4.3
<b>Antigüedad en la floricultura</b>		
<5 años	21	18.0
5-10 años	42	36.0
>10 años	54	46.2
<b>Vivir cerca de invernaderos</b>		
No	45	38.5
Si	72	61.5
<b>Vivir cerca de los campos de cultivo</b>		
No	83	70.9
Si	34	29.1
<b>Horas/día</b>		
Media + DE* (rango)		7.5 ± 3.1 (1-16)
<b>Días/semana</b>		
Media + DE* (rango)		6.1 ± 0.39 (4-7)

Nota: Las variables de Actividades y Equipo de protección no suman el 100% debido a que los floricultores realizan más de una actividad y utilizan más de un equipo de protección.

\*DE= Desviación estándar.

### **Concentraciones en orina de Metabolitos de plaguicidas OPs**

En términos generales, los metabolitos metilados (DMP, DMTP y DMDTP) se cuantificaron con mayor frecuencia y presentaron concentraciones más elevadas que los etilados (DEP, DETP y DEDTP). Específicamente, 78% de los floricultores presentaron niveles de DMP por encima del límite de cuantificación, con una media geométrica (MG) de 0.6  $\mu\text{mol/g}$  creatinina, la concentración más elevada de todos los metabolitos evaluados. En lo que respecta a los metabolitos etilados el que se cuantificó con mayor frecuencia fue el DEP, mientras que en caso del DEDTP, casi el 90% de las muestras estuvieron por debajo del límite de detección. Cabe mencionar que en la distribución de los metabolitos, los que presentaron valores menor al límite de detección no se muestran en la tabla por ser datos no confiables, sólo se expresaron como menor al límite de detección o no calculado, (<LOD o NC, respectivamente). La media geométrica para la sumatoria de metabolitos metilados ( $\Sigma\text{DMPs}$ ) fue de 1.1  $\mu\text{mol/g}$  creatinina y para el total de metabolitos DAPs ( $\Sigma\text{DAPs}$ ) fue de 1.5  $\mu\text{mol/g}$  creatinina (cuadro IV).

**Cuadro IV. Estadísticas de las concentraciones de los metabolitos DAPs**  
**Percentiles n (117)**

Metabolitos ( $\mu\text{mol/g}$ creatinina)	P25	P50	P75	P90	Media geométrica (MG)	% >	% <	% < LOD* (11.25 $\mu\text{g/l}$ )
						LOQ* (50 $\mu\text{g/l}$ )	Trazas (25 $\mu\text{g/l}$ )	
DMP	0.3	0.6	1.2	3.3	0.6	78.0	14.4	7.6
DMTP	<LOD	0.2	0.4	1.1	0.2	47.5	22.0	30.5
DMDTP	<LOD	<LOD	0.1	0.4	NC	17.8	22.0	60.2
DEP	0.1	0.1	0.2	0.6	0.1	35.6	44.9	19.5
DETP	<LOD	<LOD	0.10	0.3	NC	17.0	33.1	50.0
DEDTP	<LOD	<LOD	<LOD	0.1	NC	2.5	7.6	89.8
$\Sigma\text{DMPs}$ ( $\mu\text{mol/g}$ creat.)	0.6	1.1	2.2	4.4	1.1			
$\Sigma\text{DEPs}$ ( $\mu\text{mol/g}$ creat.)	0.2	0.2	0.4	0.9	NC			
$\Sigma\text{DAPs}$ ( $\mu\text{mol/g}$ creat.)	0.8	1.4	2.7	5.2	1.5			

\*LOQ= Límite de cuantificación

+LOD= Límite de detección

NC= No calculado porque la proporción de resultados abajo del LOD fue muy alto para proporcionar resultados confiables.

Las concentraciones de  $\Sigma$ DMPs mostraron diferencias significativas de acuerdo a las categorías de las actividades de exposición y lugar de trabajo, de manera que los floricultores incluidos en las categorías de contacto medio y alto, que utilizan medios de producción convencionales, tuvieron concentraciones significativamente más elevadas que los incluidos en la categoría de contacto bajo, sin embargo no hubo diferencia significativa entre los dos primeros. Asimismo, quienes desempeñaban sus actividades exclusivamente en invernadero presentaron las concentraciones más elevadas de dichos metabolitos, seguidos por los que realizaban sus actividades tanto al aire libre como en invernadero. Por otra parte, aunque la concentración de DMPs fue más baja en trabajadores que usaban EPP en forma considerada aceptable, las diferencias entre categorías no fueron significativas. Un comportamiento similar se observa para la sumatoria de todos los metabolitos DAPs. En el caso de los DEPs no se observaron diferencias significativas entre categorías de las variables consideradas (cuadro V).

**Cuadro V. Concentraciones de DAPs de acuerdo a características ocupacionales**

<b>Metabolito / Categoría de exposición</b>	<b>n (117)</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana (Min-Max)</b>	<b>** p</b>
<b><math>\Sigma</math>DMPs</b>				
1. <u>Actividades de exposición</u>				0.005
Contacto bajo	16	0.74	0.38 (0.12 - 1.98)	
Contacto medio	37	2.15	1.25 (0.23 - 12.24)	
Contacto alto	64	1.99	1.13 (0.15 - 15.75)	
2. <u>Lugar de trabajo</u>				0.002
Aire libre (AL)	24	0.77	0.70 (0.12 - 1.88)	
AL / Invernadero	20	2.01	0.89 (0.17 - 15.75)	
Invernadero	73	2.20	1.40 (0.13 - 12.90)	
3. <u>Equipo de protección</u>				0.10
No aceptable	80	2.03	1.18 (0.12 - 15.75)	
Medianamente acep	28	1.76	1.11 (0.15 - 5.85)	
Aceptable	9	0.78	0.60 (0.17 - 2.08)	

**Continuación Cuadro V. Concentraciones de DAPs de acuerdo a características ocupacionales**

<b>Metabolito* / Categoría de exposición</b>	<b>n (117)</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana (Min-Max)</b>	<b>**P</b>
<b>∑DEPs</b>				
1. <u>Actividades de exposición</u>				0.480
Contacto bajo	16	0.21	0.23 (0.08 - 0.29)	
Contacto medio	37	0.36	0.24 (0.08 - 2.90)	
Contacto alto	64	0.59	0.24 (0.06 - 6.82)	
2. <u>Lugar de trabajo</u>				0.41
Aire libre	24	0.49	0.21 (0.06 - 4.74)	
AL / Invernadero	20	0.39	0.21 (0.08 - 1.74)	
Invernadero	73	0.48	0.24 (0.08 - 6.82)	
3. <u>Equipo de protección</u>				0.99
No aceptable	80	0.48	0.24 (0.06 - 6.82)	
Medianamente acep	28	0.45	0.21 (0.09 - 4.74)	
Aceptable	9	0.43	0.22 (0.08 - 1.50)	
<b>∑DAPs</b>				
1. <u>Actividades de exposición</u>				0.004
Contacto bajo	16	0.95	0.63 (0.24 - 2.21)	
Contacto medio	37	2.51	1.44 (0.41 - 12.71)	
Contacto alto	64	2.59	1.55 (0.30 - 17.50)	
2. <u>Lugar de trabajo</u>				0.004
Aire libre	24	1.25	0.90 (0.24 - 6.15)	
AL / Invernadero	20	2.40	1.27(0.30 - 17.50)	
Invernadero	73	2.68	1.80 (0.24 - 13.35)	
4. <u>Equipo de protección</u>				0.31
No aceptable	80	2.51	1.47 (0.24 - 17.50)	
Medianamente acep	28	2.22	1.34 (0.30 - 6.15)	
Aceptable	9	1.20	0.90 (0.30 - 2.81)	

\* Las concentraciones de los metabolitos están en  $\mu\text{mol/g}$  creatinina

\*\* Por prueba de Kruskal-Wallis

En cuanto a la asociación bivariada, evaluada mediante regresión lineal simple, entre covariables de interés y la concentración de metabolitos, se observó que la edad se asoció positivamente tanto con los DMPs, como con los DEPs y con la sumatoria de ambos. Una antigüedad en la floricultura de 5 a 10 años, se asoció

negativamente con la concentración de DEPs. El consumo actual de tabaco se asoció positivamente tanto con la concentración de DMPs como con la de DAPs totales. Asimismo, los floricultores que reportaron consumo de alcohol mayor a 30 gr/día, tuvieron concentración significativamente mayor de DAPs totales que los que nunca consumieron alcohol. No se encontraron asociaciones significativas entre IMC, horas trabajadas en el día y días trabajados a la semana y las concentraciones de metabolitos estudiados (cuadro VI).

**Cuadro VI. Análisis Bivariado correspondiente a la asociación entre covariables de interés y concentraciones de DAPs**

<b>Variable</b>	<b>Modelo 1: <math>\sum</math>DMPs</b> ( $\mu$ mol/g creatinina)	<b>Modelo 2: <math>\sum</math>DEPs</b> ( $\mu$ mol/g creatinina)	<b>Modelo 3: <math>\sum</math>DAPs</b> ( $\mu$ mol/g creatinina)
<b>Edad</b>	0.01 (0.01, 0.02)*	0.01 (0.01, 0.02)**	0.01 (0.01, 0.02)**
<b>Antigüedad en la floricultura</b>			
<5 años	Referencia	Referencia	Referencia
5 - 10 años	-0.2 (-0.4, 0.1)	-0.2 (-0.3, -0.01)*	-0.2 (-0.4, 0.02)
>10 años	0.03 (-0.2, 0.3)	0.1 (-0.04, 0.3)	0.1 (-0.2, 0.3)
<b>Consumo de tabaco</b>			
Nunca ha fumado	Referencia	Referencia	Referencia
Ex fumador	0.2 (-0.1, 0.4)	0.2 (-0.04, 0.4)	0.2 (-0.03, 0.4)
Fuma actualmente	0.2 (0.01, 0.4)*	0.1 (-0.1, 0.2)	0.2 (0.02, 0.4)*
<b>Consumo de alcohol</b>			
Nunca ha bebido	Referencia	Referencia	Referencia
<30 gr/día	0.1 (-0.1, 0.3)	0.1 (-0.1, 0.2)	0.1 (-0.1, 0.2)
$\geq$ 30 gr/día	0.2 (-0.1, 0.5)	0.2 (-0.1, 0.4)	0.2 (0.01, 0.5)*
<b>IMC</b>			
Normal	Referencia	Referencia	Referencia
Sobrepeso	-0.03 (-0.2, 0.1)	0.004 (-0.2, 0.2)	-0.03 (-0.2, 0.1)
Obesidad	-0.05 (-0.4, 0.3)	-0.003 (-0.2, 0.2)	-0.02 (-0.3, 0.2)
<b>Horas por día</b>	0.003 (-0.02, 0.03)	0.01 (-0.02, 0.03)	0.002 (-0.02, 0.02)
<b>Días por semana</b>	-0.1 (-0.3, 0.1)	-0.1 (-0.3, 0.02)	-0.1 (-0.3, 0.1)

En la tabla se presentan los valores correspondientes a los coeficientes e Intervalo de Confianza al 95% [ $\beta$  (IC al 95%)].

\*p<0.05

\*\* p<0.01

En el cuadro VII se presentan los resultados de los modelos múltiples correspondientes a los metilos, etilos y DAPs totales, tras ajustar por edad, horas

trabajadas por día, antigüedad en la floricultura y consumo de tabaco. Las variables de exposición como la actividad que realiza el floricultor de acuerdo al contacto con plaguicidas, al lugar donde desarrollan su actividad de trabajo, así como el uso del equipo de protección, resultaron significativas en los modelos de DMPs y DAPs totales. En los floricultores que realizaban actividades que implicaban contacto alto y medio con plaguicidas, la concentración de DMPs fue en promedio 0.3  $\mu\text{mol/g}$  creatinina y 0.4  $\mu\text{mol/g}$  creatinina más alta, respectivamente, comparada con la de aquellos floricultores que tenían contacto bajo con plaguicidas. Para los DAPs totales, los que tenían contacto medio y alto tuvieron, en promedio, 0.3  $\mu\text{mol/g}$  creatinina más de estos metabolitos, que aquellos floricultores que tenían contacto bajo con plaguicidas. No hubo diferencias significativas en el caso de los metabolitos etilados.

Asimismo, los floricultores que trabajaban en invernadero tuvieron mayores concentraciones de DMPs y DAPs totales que los que trabajaban al aire libre. Estos resultados fueron significativos. Por otra parte, los floricultores que usaban el equipo de protección personal (EPP) de forma aceptable tuvieron concentraciones significativamente menores de DMPs y DAPs totales que los que lo utilizaban de forma no aceptable ( $p < 0.01$ ).

Adicionalmente se realizó el análisis utilizando los resultados de la asignación de valores aleatorios con distribución normal para las concentraciones que se encontraron por debajo del límite de cuantificación y detección. En este análisis, se obtuvieron coeficientes de regresión ( $\beta$ ) 100% más elevados que los resultantes del análisis en el que se utilizaron los valores asignados por el laboratorio para concentraciones no cuantificable o no detectables, sin embargo, fueron significativos en las mismas variables, por lo que sólo se presentan los análisis utilizando los valores de laboratorio.

**Cuadro VII. Modelo Multivariado para las asociaciones entre características ocupacionales y concentraciones de metabolitos DAPs**

<b>Variables</b>	<b>Modelo 1: <math>\sum</math>DMPs</b> ( $\mu$ mol/g creatinina)	<b>Modelo 2: <math>\sum</math>DEPs</b> ( $\mu$ mol/g creatinina)	<b>Modelo 3: <math>\sum</math>DAPs</b> ( $\mu$ mol/g creatinina)
<b>Actividad</b>			
Contacto bajo	Referencia	Referencia	Referencia
Contacto medio	0.4 (0.1, 0.6)*	0.1 (-0.2, 0.3)	0.3 (0.1, 0.5)**
Contacto alto	0.3 (0.1, 0.6)**	0.2 (-0.1, 0.4)	0.3 (0.1, 0.5)**
<b>Lugar de trabajo</b>			
Aire libre	Referencia	Referencia	Referencia
AL/Invernadero	0.2 (-0.03, 0.4)	0.01 (-0.3, 0.3)	0.1 (-0.1, 0.3)
Invernadero	0.3 (0.2, 0.5)**	0.1 (-0.2, 0.3)	0.3 (0.1, 0.5)**
<b>Uso de Equipo de protección personal</b>			
No aceptable	Referencia	Referencia	Referencia
Medianamente acep	-0.2 (-0.4, 0.02)	-0.10 (-0.3, 0.1)	-0.1 (-0.3, 0.02)
Aceptable	-0.5 (-0.8, -0.2)**	-0.1 (-0.4, 0.2)	-0.4 (-0.6, -0.1)**

En la tabla se presentan los valores correspondientes a los coeficientes e Intervalo de Confianza al 95% [ $\beta$  (IC al 95%)]. Los modelos se ajustaron por edad, horas por día, antigüedad en la floricultura y consumo de tabaco.

\* $p < 0.05$

\*\* $p < 0.01$

## DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados en este estudio se encontró que, el realizar actividades que implicaban contacto medio y alto con plaguicidas OPs, realizar las actividades en invernadero y el uso de equipo de protección personal (EPP) de forma no aceptable, están asociados, en general, con mayores concentraciones de metabolitos dialquilfosfato (DAPs) en orina.

Con respecto a los metabolitos, el que se encontró en mayores concentraciones fue el DMP (Mediana: 0.6  $\mu$ mol/g creatinina [77.38  $\mu$ g/g creatinina]) y el que presentó la menor concentración fue el DEDTP. En otros estudios se encontró también que el DMP tuvo la mayor concentración entre los metabolitos medidos (Yucra *et al.*, 2006; Bouchard *et al.*, 2006 [Mediana: 6.83  $\mu$ g/g creatinina y 0.004  $\mu$ g/g, respectivamente]). Sin embargo Curl *et al.* (2002), encontraron en agricultores de varias comunidades del valle de Yakima en Washington, EE.UU., que el DMTP presentó la mayor concentración (92% por arriba del LOQ [ $\mu$ g/l]). Asimismo, otros estudios reportan a este metabolito con la mayor concentración

(Barr *et al.*, 2004; Recio *et al.*, 2005). Mientras que nosotros, encontramos que el 47.5% de los floricultores presentaron niveles de DMTP por encima del LOQ. Las diferencias se explican en función del tipo de plaguicidas que se utilizaron con más frecuencia en cada una de estas poblaciones. En nuestro estudio, los floricultores tuvieron mayores concentraciones de metabolitos metilados que etilados, lo que es consistente con el hecho de que los plaguicidas organofosforados que más comúnmente utilizan estos floricultores son ometoato, metil paratión, los cuales forman metabolitos metilados, siendo menor el uso de compuestos como diazinon, que forman metabolitos etilados (Schilmann *et al.*, 2010).

Con respecto a las tareas laborales, la mayor parte de los floricultores realizaron más de una actividad, y el promedio de actividades realizadas fue dos (rango 1-9). Lo anterior es parcialmente consistente con los resultados de Blanco-Muñoz y Lacasaña (2011), quienes en una población de agricultores del Estado de México, Puebla y Guerrero encontraron que los que manipulaban directamente plaguicidas realizaban en promedio cinco actividades y los que no manipulaban plaguicidas realizaron, en promedio, cuatro. Otros estudios también encontraron que los agricultores desempeñaban más de una tarea agrícola o actividad relacionada con el manejo de plaguicidas (Del Prado-Lu 2007; Coronado *et al.*, 2004). Los resultados de los estudios muestran que, en general, los trabajadores agrícolas, y entre ellos los floricultores, no se especializan en una actividad específica. Pensamos que en el caso concreto de nuestro estudio lo anterior podría deberse, principalmente a que estos trabajadores laboran en empresas pequeñas, muchas de ellas de tipo familiar, donde el trabajo especializado es menos frecuente que en las empresas grandes.

En cuanto al uso de EPP, se evidencio que el uso correcto del mismo es prácticamente inexistente, el 39% de los trabajadores no utilizó ninguna prenda de protección, si bien, alrededor del 30% mencionó al menos el uso de una de ellas. Además, 12% mencionó el uso de pañuelos a modo de mascarilla, lo que en lugar de proteger puede resultar contraproducente ya que los plaguicidas aplicados en forma de aerosol, pueden impregnar esta prenda, saturarla de químicos y resultar

en un incremento en la exposición ocasionando más daño que beneficio (Palis *et al.*, 2006).

Estos resultados son parcialmente consistentes con el estudio de Blanco-Muñoz y Lacasaña (2011), que reportaron que sólo el 4% de los trabajadores usaron correctamente el EPP durante la aplicación de plaguicidas, además la frecuencia de uso fue clasificada en la mayoría de casos como nunca. A su vez, Yucra *et al.* (2006), en agricultores del valle de Majes, Perú, encontraron que 36% no utilizó ningún EPP y el resto no lo hizo en forma adecuada (usar al menos una prenda, de acuerdo al criterio de los autores), principalmente debido a bajos recursos económicos que no permiten adquirir EPP. Por otra parte, en el estudio de Del Prado-Lu, (2007), pese al alto riesgo y la frecuencia de exposición, los agricultores no utilizaron adecuado EPP mientras trabajaban con plaguicidas; las botas fueron el único EPP usado por la mayor parte de ellos. Asimismo, otros estudios también reportan una baja frecuencia de uso de EPP en los trabajadores agrícolas, cuando manipulan, mezclan y aplican plaguicidas OPs (Dosemeci *et al.*, 2002; Blanco *et al.*, 2005; Palis *et al.*, 2006; Hernández-González *et al.*, 2007; Cortés-Genchi *et al.*, 2008; Bhatti *et al.*, 2010). Oliveira *et al.* (2012), estudiaron agricultores de dos localidades en la región centro-oeste de Brasil, los cuales mencionan que a pesar de que la mayoría de ellos consideraron necesario el uso de EPP durante la aplicación de plaguicidas, aproximadamente la mitad no lo uso apropiadamente (sólo 19% usaron ropa impermeable). En resumen, la mayoría de los estudios consultados coinciden en que el EPP en forma correcta es poco frecuente.

Como se esperaba, las actividades que involucraban contacto alto y contacto medio se asociaron positivamente con las concentraciones de metilos y DAPs totales; sin embargo no hubo diferencias significativas entre los floricultores incluidos en las categorías de contacto alto y los incluidos en la de contacto medio, inclusive, las concentraciones de DMPs fueron un poco más elevadas en estos últimos. Estos resultados son consistentes con los reportados por Coronado *et al.* (2004), en agricultores del valle de Yakima en Washington, EE.UU, donde los que mezclaron, cargaron o aplicaron plaguicidas tuvieron menores niveles detectables de residuos de estos productos en el polvo de sus casas o vehículos, comparados

con los trabajadores que no realizaban este tipo de tareas. Para los trabajadores que mezclan, cargan y aplican plaguicidas, la capacitación en el manejo de estos puede reforzar la importancia de las prácticas de higiene y protección, por consiguiente, esta actitud puede extrapolarse al ambiente del hogar y motivar las buenas prácticas de seguridad. Así también, Thompson *et al.* (2003), encontraron que los trabajadores que mezclaban, aplicaban o cargaban plaguicidas, comparados con trabajadores que no realizaban estas actividades, tenían más posibilidad de que se lavaran las manos después del trabajo, de lavar su ropa después de usarla un tiempo y quitarse la ropa del trabajo antes de abrazar a sus hijos. De manera similar pudo haber sucedido con los floricultores de nuestro estudio, entre los que realizaban actividades que involucraban contacto alto con plaguicidas. Sin embargo, no tenemos certeza sobre esto, debido a que el cuestionario aplicado no contenía preguntas relativas a prácticas de higiene tanto en el trabajo como en el hogar de los floricultores.

Las asociaciones encontradas entre el hecho de trabajar solo en invernadero y mayores concentraciones de metabolitos comparados con los que trabajaban al aire libre, concuerdan con otros estudios. Lander y Lings (1991), encontraron que entre los trabajadores que laboraban en invernadero, comparados con un grupo control, la actividad de la colinesterasa disminuía con el aumento de duración de la exposición, con respecto a la duración de la fumigación semanal. Hanke (2004), menciona que las condiciones de trabajo en los invernaderos plantean importantes riesgos para la salud, principalmente debido a la alta humedad, temperatura y la escasa ventilación que ahí se generan y que favorecen la absorción de plaguicidas; lo cual puede explicar las asociaciones positivas encontradas en este estudio.

Por otra parte, en nuestro estudio, los floricultores que usaban el EPP en forma aceptable tuvieron concentraciones significativamente menores de metabolitos que quienes los usaban en forma considerada como inaceptable; esto es consistente con lo encontrado en otros estudios. Ohayo-Mitoko *et al.* (1999), en una población de trabajadores agrícolas de diversas áreas de Kenya, África, encontraron que los que utilizaron botas junto con un overol, tuvieron menos inhibición de la acetilcolinesterasa (AChE) que quienes tan solo utilizaron botas

(40% vs 44%, respectivamente). Por su parte, Arbuckle *et al.* (2002), encontraron en aplicadores de herbicidas de Ontario, EE.UU., que uno de los mejores predictores en reducir los niveles urinarios de dichos productos en las primeras 24hr después de haber iniciado la aplicación o fumigación, fue el uso de EPP (como guantes y botas de goma). Así también, Hofmann *et al.* (2010), encontraron en manipuladores de plaguicidas agrícolas en Washington, EE.UU., que los factores que fueron de protección contra la inhibición de la Butilcolinesterasa (BuChE) incluyeron el uso de un respirador en toda la cara y usar botas resistentes a productos químicos. Los manipuladores que no utilizaban botas resistentes a estos productos tuvieron en promedio 11.4% mayor inhibición de BuChE y un estimado de 7.6 veces de incremento de riesgo de inhibición de BuChE. Mientras que los manipuladores de plaguicidas que solo utilizaron guantes de nitrilo, comparados con aquellos que usaron guantes de nitrilo con guantes de algodón por debajo, tuvieron un poco menos de inhibición de BuChE. Contrario a lo que se esperaba, los manipuladores que reportaron usar delantales resistentes a productos químicos tuvieron un poco más de inhibición de BuChE que los manipuladores que no usaron este tipo de prenda. Por su parte, Gomes *et al.* (1999), encontraron en agricultores de una región de los Emiratos Árabes Unidos, que la reducción de la AChE se asoció negativamente con el uso de guantes, overoles de trabajo, de una pañuelo para cubrirse la nariz y boca y con la implementación de procedimientos de seguridad e higiene en la granja. Sin embargo, Ngowi *et al.* (2001), en agricultores de Tanzania, no encontraron asociación alguna entre el uso de guantes, botas largas, overol y cubrirse la cara y cabeza, y la inhibición de la actividad de la AChE.

Es importante mencionar que en la mayoría de los estudios anteriores evaluaron el EPP de forma individual, es decir, prenda por prenda, sólo en el estudio realizado por Hofmann *et al.* (2010), desarrollaron algoritmos para evaluar el uso de EPP, sin embargo, también fue de manera individual, mientras que en nuestro estudio decidimos construir una variable que resumiera el uso de medidas de protección, lo que limita la comparabilidad de los resultados.

Una de las limitaciones de este estudio radica en su diseño, de tipo transversal, por lo que es posible que algunas personas que laboraban en las compañías florícolas,

antes de realizar el estudio, ya no trabajaran cuando éste se realizó, y no podría descartarse un sesgo de selección porque dichos trabajadores pudieran tener características diferentes a los trabajadores estudiados; además si dejaron de laborar debido a problemas de salud relacionados con el uso de plaguicidas y con una mayor concentración de los mismos, las asociaciones encontradas, podrían estar subestimadas. Otra limitante es que los metabolitos DAPs medidos en la orina no son específicos para cada plaguicida OP, y, además pueden ingresar al cuerpo por otras fuentes de exposición (Wessels *et al.*, 2003), sin embargo proporcionan una medición aceptable de la exposición conjunta a OPs.

La medición de las características relacionadas con la ocupación se obtuvo a través de un cuestionario y no se puede descartar un error de información que pensamos que es poco probable, ya que ésta se refería a condiciones recientes y, en el caso de que lo hubiera, pensamos que el error sería de tipo no diferencial, ya que al momento de proporcionar los datos, los trabajadores desconocían sus niveles de DAPs y, además, el personal de laboratorio tampoco conocía los datos ocupacionales de los trabajadores por lo que, de existir el error, las asociaciones observadas estarían sesgadas hacia el valor nulo.

Debido a que el estudio principal del cual se deriva este trabajo tenía diferentes objetivos a los que aquí se plantearon, no se evaluaron características importantes como medidas de higiene empleadas por los floricultores en el lugar de trabajo, lo que no permitió medir este tipo de variables las cuales nos hubieran brindado información más cercana a la exposición.

A pesar de estas limitantes, el estudio tiene las siguientes fortalezas (entre ellas es que disponemos de biomarcadores y de que el tamaño muestral es relativamente elevado). Una ventaja del monitoreo biológico en la orina es la facilidad de la toma de muestras, la alta concentración de analitos y la mayor cantidad de muestra disponible para análisis. Además de que su colecta es no invasiva y es fácil de medir (Meeker *et al.*, 2005). Los metabolitos urinarios de DAPs, también proveen de información útil acerca de la exposición aguda a plaguicidas OPs como una clase, ya que aproximadamente el 75% de los registros de plaguicidas OPs de la EPA en EE.UU., forman de uno a tres de los seis

metabolitos DAPs más comunes (Barr *et al.*, 2004). Este estudio también tiene la fortaleza de ser uno de los pocos que han evaluado estas características ocupacionales en este grupo de trabajadores florícolas en México. El realizar este tipo de investigaciones es de importancia ya que puede coadyuvar a establecer normas y diseñar programas destinados a disminuir los riesgos a la salud en estos trabajadores. Es necesario seguir realizando este tipo de estudios en el cual, se brinde más información acerca de la exposición a plaguicidas OPs en floricultores mexicanos, a fin de mejorar la calidad en el ámbito laboral, brindarles la capacitación necesaria para evitar la exposición e intoxicaciones con plaguicidas y proveerles de un correcto y buen uso del equipo de protección personal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albert L A. Panorama de los plaguicidas en México. 7° Congreso de Actualización en Toxicología Clínica. *Revista de toxicología en línea* 2005; 1-17. Consultado en: <http://www.sertox.com.ar/retel/default.htm>

Alavanja MC, Sandler DP, McDonnell CJ, Lynch CF, Pennybacker M, Zahn SH, *et al.* Characteristics of pesticide use in a pesticide applicator cohort: the Agricultural Health Study. *Environ Res* 1999; 80:172–179.

Anemiy T. Regression analysis when the dependent variable is truncated normal. *Econometrica* 1973; 41: 997-1016.

Arbuckle TE, Burnett R, Cole D, Teschke K, Dosemeci M, Bancej C, *et al.* Predictors of herbicide exposure in farm applicators. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; 75(6): 406-414.

Arcury TA, Quandt SA, Barr DB, Hoppin JA, McCauley L, Grzywacz JG, *et al.* Farmworker Exposure to Pesticides: Methodologic Issues for the Collection of Comparable Data. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 923–928.

Badii M, Varela S. Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la salud y el ambiente. *Toxicología de insecticidas. CulCyt* 2008; 28: 5-17.

Barr DB, Bravo R, Weerasekera G, Caltabiano LM, Whitehead RD Jr, Olsson AL, *et al.* Concentrations of Dialkyl phosphate metabolites of organophosphorus pesticides in the U.S population. *Environ Health Perspect* 2004; 112(2): 186-200.

Bhatti P, Blair A, Bell E, Rothman N, Lan Q, Barr D, *et al.* Predictors of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid exposure among herbicide applicators. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2010; 20(2): 160–168.

Blanco LE, Aragón A, Lundberg I, Lidén C, Wesseling C, Nise G. Determinants of dermal exposure among nicaraguan subsistence farmers during pesticide applications with backpack sprayers. *Ann occup Hyg* 2005; 49(1): 17–24.

Blanco Muñoz J, Mayanin Morales M, Lacasaña M, Aguilar Garduño C, Bassol S, Cebrián ME. Exposure to organophosphate pesticides and male hormone profile in floriculturist of the state of Morelos, México. *Human Reproduction* 2010; 0: 1-9.

Blanco Muñoz J, Lacasaña M. Practices in Pesticide Handling and the Use of Personal Protective Equipment in Mexican Agricultural Workers. *Journal of Agromedicine* 2011; 16: 117–126.

Boletín ASERCA Regional peninsular SAGARPA. La Floricultura. 2008; 17: 1-26. Consultado en: <http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/boletin--2008-11.pdf>.

Bouchard M, Carrier G, Brunet RC, Dumas P, Noisel N. Biological Monitoring of Exposure to Organophosphorus Insecticides in a Group of Horticultural Greenhouse Workers. *Ann Occup Hyg* 2006; 50(5): 505–515.

Coronado D, Thompson B, Strong L, Griffith W, Islas I. Agricultural Task and Exposure to Organophosphate Pesticides Among Farmworkers. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 142–147.

Cortés Genchi P, Villegas Arrizón A, Aguilar Madrid G, Paz Román MP, Maruris Reducindo M, Juárez Pérez CA. Síntomas ocasionados por plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc* 2008; 46(2): 145-152.

Costa LG, Cole TB, Vitalone A, Furlong CE. Measurement of paraoxonase (PON1) status as a potencial biomarker of susceptibility to organoposphate toxicity. *Clin. Chim* 2005; 352: 37-47.

Curl CL, Fenske RA, Kissel JC, Shirai JH, Moate TF, Griffith W, *et al.* Evaluation of Take-Home Organophosphorus Pesticide Exposure among Agricultural Workers and Their Children. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 787–792.

Del Prado Lu JL. Pesticide exposure, risk factors and health problems among cutflower farmers: a cross sectional study. *Journal of occupational medicine and toxicology* 2007; 1-9.

Dosemeci M, Alavanja M, Rowland AS, Mage D, Hoar S, Rothman N, *et al.* A Quantitative Approach for Estimating exposure to Pesticides in the Agricultural Health Study. *Ann occup Hyg* 2002; 46(2): 245-260.

García AM, Ramírez A, Lacasaña M. Prácticas de utilización de plaguicidas en agricultores. *Gaceta Sanitaria* 2002; 16:236–240.

Gomes J, Lloyd OL, Revitt DM. The influence of personal protection, environmental hygiene and exposure to pesticides on the health of immigrant farm workers in a desert country. *Int Arch Occup Environ Health* 1999; 72(1): 40-5.

Hanke W, Jurewicz J. The risk of adverse reproductive and developmental disorders due to occupational pesticide exposure: an overview of current epidemiological evidence. *Int J Occup Med Environ Health* 2004; 17(2): 223-43.

Hernández Valero MA, Bondy ML, Spitz MR, Zahm SH. Evaluation of Mexican American migrant farmworker work practices and organochlorine pesticide metabolites. *Am J Ind Med* 2001; 40:554–560.

Hernández González MM, Jiménez Garcés C, Jiménez Albarrán FR, y Arceo Guzmán ME. Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del estado de México, México. *Rev Int Contam Ambient* 2007; 23(4): 159-167.

Hofmann J, Matthew K, De Roos A, Fenske R, Furlong C, Bell G, *et al.* Occupational determinants of serum cholinesterase inhibition among organophosphate-exposed agricultural pesticide handlers in Washington State. *Occup Environ Med* 2010; 67: 375-386.

INEGI. *El Sector Alimentario en México*, 2009. Aguascalientes. Consultado en: [www.inegi.org.mx/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/default.aspx).

Lander F, Lings S. Variation in plasma cholinesterase activity among greenhouse workers, fruitgrowers, and slaughtermen. *British Journal of Industrial Medicine* 1991; 48:164-166.

Lu C, Fenske RA, Simcox NJ, Kalman D. Pesticide exposure of children in an agricultural community: evidence of household proximity to farmland and take home exposure pathways. *Environ Res* 2000; 84: 290-302.

Meeker JD, Barr DB, Ryan L, Herrick RF, Bennett DH, Bravo R, *et al.* Temporal variability of urinary levels of nonpersistent insecticides in adult men. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2005; 15(3): 271-81.

Ngowi AVF, Maeda DN, Partanen TJ, Sanga MP, Godson M. Acute health effects of organophosphorus pesticides on Tanzanian small-scale coffee growers. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 2001; 11: 335–339.

Obiols Quinto J. Plaguicidas organofosforados: aspectos generales y toxicocinética. Nota técnica preventiva 512. Ministerio de trabajo y asuntos sociales en España 1998; 8: serie 15.España.

Ohayo Mitoko G, Kromhout H, Karumba P, Boleij J. Identification of Determinants of Pesticide Exposure among Kenyan Agricultural Workers Using Empirical Modelling. *Ann occup Hyg* 1999; 43(8): 519-525.

Oliveira Pasiani J, Priscila Torres, Juciê Roniery Silva, Bruno Zago Diniz and Eloisa Dutra Caldas. Knowledge, Attitudes, Practices and Biomonitoring of Farmers and Residents Exposed to Pesticides in Brazil. *Int J Environ Res Public Health* 2012; 9: 3051-3068.

Palis FG, Flor RJ, Warburton H, Hossain M. Our farmers at risk: behaviour and belief system in pesticide safety. *Journal of Public Health* 2006; 28(1): 43–48.

Quandt S, Hernández Valero M, Grzywacz J, Hovey J, Gonzales M, Arcury TA. Workplace, household, and personal predictors of pesticide exposure for farmworkers. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 943-952.

Recio R, Robbins WA, Ocampo Gómez G, Borja Aburto V, Morán Martínez J, Froines JR, *et al.* Organophosphorous Pesticide Exposure Increases the Frequency of Sperm Sex Null Aneuploidy. *Environ Health Perspect* 2001; 109: 1237–1240.

Schilman A, Lacasaña M, Blanco Muñoz J, Aguilar-Garduño C, Salinas Rodríguez A, Flores Aldana M, *et al.* Identifying pesticide use patterns among flower growers to assess occupational exposure to mixtures. *Occup Environ Med* 2010; 67: 323-329.

Thompson B, Coronado GD, Grossman JE, Pushel K, Solomon CC, Fenske RA, *et al.* Pesticide take-home pathway among children of agricultural workers: study design, methods, and baseline findings. *J Occup Environ Med* 2003; 45: 42-53.

Ueyama J, Saito I, Kamijima M, Nakajima T, Gotoh, M, Suzuki T, *et al.* Simultaneous determination of urinary dialkylphosphate metabolites of

organophosphorous pesticides using gas chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr* 2006; 832: 58-66.

US Environmental Protection Agency. Assigning Values to Non-detected/Non-quantified Pesticides Residues in Human Health Food Exposure Assessments. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, 2000.

Wessels D, Barr D, Mendola P. Use of Biomarkers to Indicate Exposure of Children to Organophosphate Pesticides: Implications for a Longitudinal Study of Children's Environmental Health. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 1939–1946.

Yucra S, Steenlan K, Chung A, Choque F, Gonzales G. Dialkyl phosphate metabolites of organophosphorus in applicators of agricultural pesticides in Majes-Arequipa (Peru). *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2006; 1(27): 1-8.