



Original breve

# Plaguicidas organofosforados y efecto neuropsicológico y motor en la Región del Maule, Chile

María Teresa Muñoz-Quezada<sup>a,\*</sup>, Boris Lucero<sup>a,b</sup>, Verónica Iglesias<sup>c</sup>, María Pía Muñoz<sup>c</sup>, Eduardo Achú<sup>a</sup>, Claudia Cornejo<sup>a</sup>, Carlos Concha<sup>d</sup>, Angela Grillo<sup>a</sup> y Ana María Brito<sup>e</sup><sup>a</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile<sup>b</sup> Programa de Doctorado en Psicología, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago, Chile<sup>c</sup> Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago, Chile<sup>d</sup> Secretaría Ministerial de Salud de la Región del Maule, Gobierno de Chile, Talca, Chile<sup>e</sup> Hospital Regional de Talca, Talca, Chile

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### Historia del artículo:

Recibido el 12 de octubre de 2015

Aceptado el 18 de enero de 2016

On-line el 19 de febrero de 2016

### Palabras clave:

Plaguicidas

Organofosforados

Pruebas neuropsicológicas

Habilidades motoras

Trabajadores agrícolas

## R E S U M E N

**Objetivo:** Evaluar la exposición a plaguicidas organofosforados y el desempeño neuropsicológico y motor de trabajadores/as agrícolas y no agrícolas de la Región del Maule, Chile.

**Método:** Estudio transversal analítico con 93 trabajadores/as agrícolas expuestos/as a plaguicidas organofosforados y 84 trabajadores/as no agrícolas no expuestos/as. Se administró una batería de cuatro pruebas neuropsicológicas junto con un examen físico neuromotor.

**Resultados:** Los/las trabajadores/as agrícolas expuestos/as tuvieron un menor desempeño en la escala de inteligencia de Wechsler para Adultos (WAIS-IV) en comprensión verbal ( $\beta = -3,2$ ;  $p = 0,034$ ), en velocidad de procesamiento ( $\beta = -4,4$ ;  $p = 0,036$ ) y en la escala total ( $\beta = -4$ ;  $p = 0,016$ ); sensibilidad discriminativa ( $\beta = 1$ ,  $p = 0,009$ ) ajustada por años de educación o edad en comparación con los controles.

**Conclusiones:** Se sugiere el desarrollo de políticas en materia de control, venta y uso de plaguicidas organofosforados, y de intervenciones con la población expuesta respecto a medidas de seguridad.

© 2016 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Organophosphate pesticides and neuropsychological and motor effects in the Maule Region, Chile

### A B S T R A C T

### Keywords:

Organophosphates

Pesticides

Neuropsychological tests

Motor skills

Agricultural workers

**Objective:** To evaluate organophosphate pesticide exposure and neuropsychological and motor performance in agricultural and non-agricultural workers in the Maule Region in Chile.

**Method:** Analytic cross-sectional study in 93 exposed farm workers and 84 unexposed non-agricultural workers. A battery of four neuropsychological tests was administered together with a neuro-motor physical examination.

**Results:** On the Wechsler adult intelligence scale (WAIS-IV), exposed agricultural workers exhibited poorer performance than non-agricultural workers in verbal comprehension ( $\beta = -3.2$ ;  $p = 0.034$ ) and processing speed ( $\beta = -4.4$ ;  $p = 0.036$ ) and in the full scale ( $\beta = -4$ ;  $p = 0.016$ ), as well as in discrimination sensitivity ( $\beta = 1$ ,  $p = 0.009$ ), adjusted by years of schooling and/or age.

**Conclusions:** We suggest the development of policies and regulations for the control, sale and use of organophosphate pesticides and intervention strategies on safety measures aimed at the exposed population.

© 2016 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

Investigaciones internacionales<sup>1,2</sup> demuestran que las intoxicaciones con plaguicidas provocan daños en la salud de los/las trabajadores/as. Sin embargo, no existe evidencia concluyente para la exposición a plaguicidas organofosforados y el desempeño neuropsicológico y motor<sup>2-9</sup>. Algunos estudios<sup>2-7</sup> han reportado

una asociación entre trabajar en actividades agrícolas y un bajo desempeño en pruebas de memoria visual, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento y coordinación visuomotora, pero no todas las investigaciones coinciden en sus resultados<sup>8,9</sup> y no usan pruebas estandarizadas completas<sup>2</sup>.

En Latinoamérica se han realizado escasos estudios que evalúen con instrumentos validados el desempeño neuropsicológico de los/las trabajadores/as agrícolas expuestos/as a plaguicidas organofosforados<sup>2</sup>.

El objetivo del estudio fue evaluar la exposición a plaguicidas organofosforados y el desempeño neuropsicológico y motor de

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [mtmunoz@ucm.cl](mailto:mtmunoz@ucm.cl) (M.T. Muñoz-Quezada).

trabajadores/as agrícolas y no agrícolas de la Región del Maule, Chile. En esta región la población general está expuesta a plaguicidas organofosforados y además tiene una de las más altas tasas de intoxicación laboral y de venta de estos plaguicidas<sup>10,11</sup>.

## Método

Se realizó un estudio transversal analítico con selección aleatoria de trabajadores/as agrícolas (expuestos/as a plaguicidas organofosforados) y no agrícolas (no expuestos/as), de ambos sexos, mayores de 18 años y de las provincias de Curicó y Talca pertenecientes a los registros del Instituto de Desarrollo Agropecuario de Curicó, el Servicio de Salud del Maule y el Hospital Regional de Talca. Se excluyeron los/las trabajadores/as con enfermedades neurológicas, psiquiátricas y metabólicas, intoxicaciones graves, alcoholismo y drogadicción.

La estimación del tamaño muestral se basó en un estudio<sup>3</sup> que incluía una diferencia de medias de 5 puntos, desviación estándar = 11, tamaño del efecto = 0,476 y un 80% de poder, resultando

en 56 trabajadores/as por grupo (n = 112), con un sobremuestreo del 20%.

## Recolección de variables dependientes (variables continuas)

Se aplicaron pruebas individualmente por parte de profesionales capacitados/as que desconocían a qué grupo pertenecían los/las trabajadores/as:

- Desempeño neuropsicológico, mediante pruebas neuropsicológicas completas estandarizadas en Chile:
  - Escala Wechsler de inteligencia para adultos (WAIS-IV): mide el coeficiente intelectual, el razonamiento perceptual, la velocidad de procesamiento, la comprensión verbal y la memoria de trabajo.
  - Test de copia y reproducción de memoria de figuras geométricas complejas de Rey: mide la percepción visual y la memoria visuoespacial.
  - Test de retención visual de Benton: evalúa la memoria visual y las habilidades visuoespaciales.

**Tabla 1**  
Análisis descriptivo-comparativo del funcionamiento neuropsicológico y neuromotor según la exposición o no a plaguicidas organofosforados (OP), el sexo, los años de estudio y la edad de los/las trabajadores/as<sup>a</sup>

Áreas evaluadas	Trabajadores/as expuestos/as o no a OP		Sexo		Nivel de estudios		Edad	
	No expuestos/as (n = 84) Media (DE)	Expuestos/as (n = 93) Media (DE)	Hombre (n = 89) Media (DE)	Mujer (n = 88) Media (DE)	≥ 12 años (n = 76) Media (DE)	< 12 años (n = 100) Media (DE)	< 50 años (n = 83) Media (DE)	≥ 50 años (n = 89) Media (DE)
<b>WAIS-IV</b>								
ICV	88,9 (1,2) <sup>b</sup>	81,9 (1,2) <sup>b</sup>	83,5 (1,3)	86,8 (1)	93,1 (1,1) <sup>b</sup>	79,2 (0,9) <sup>b</sup>	88,9 (1,1) <sup>b</sup>	81,5 (1,3) <sup>b</sup>
IRP	91,2 (1,2) <sup>b</sup>	86,8 (1,2) <sup>b</sup>	88,8 (1)	89 (1,3)	93,6 (1,2) <sup>b</sup>	85,3 (1,1) <sup>b</sup>	90,3 (1,2)	87,7 (1,2)
IMT	94 (1,4)	90,2 (1,3)	91,9 (1,3)	92 (1,3)	97,4 (1,6) <sup>b</sup>	87,9 (1,1) <sup>b</sup>	94,6 (1,4) <sup>b</sup>	89,7 (1,3) <sup>b</sup>
IVP	93,9 (1,4) <sup>b</sup>	84,8 (1,5) <sup>b</sup>	85 (1,3) <sup>b</sup>	93 (1,5) <sup>b</sup>	96,0 (1,4) <sup>b</sup>	84,0 (1,4) <sup>b</sup>	92,1 (1,4) <sup>b</sup>	86 (1,7) <sup>b</sup>
CI total	88,9 (1,2) <sup>b</sup>	81,8 (1,2) <sup>b</sup>	83,6 (1,2)	86,8 (1,2)	92,5 (1,1) <sup>b</sup>	79,6 (1,0) <sup>b</sup>	88,4 (1,1) <sup>b</sup>	82,2 (1,3) <sup>b</sup>
Minimental	27 (0,2) <sup>c</sup>	25 (0,3) <sup>c</sup>	26,1 (0,3)	27 (0,2)	27,4 (0,2) <sup>c</sup>	25,5 (0,2) <sup>c</sup>	27 (0,3) <sup>c</sup>	26 (0,3) <sup>c</sup>
<b>Rey</b>								
Copia	65,2 (3,6)	55,6 (3,8)	56,7 (3,8)	63,6 (3,6)	77,2 (3,4) <sup>c</sup>	46,7 (3,5) <sup>c</sup>	70,7 (3,2) <sup>c</sup>	50,1 (4,1) <sup>c</sup>
Memoria	25,3 (3,2)	17,1 (2,7)	18,3 (2,9)	23,7 (3)	29,3 (3,6) <sup>c</sup>	14,7 (2,4) <sup>c</sup>	30,8 (3,4) <sup>c</sup>	10,9 (2,1) <sup>c</sup>
Tipo dibujo	59,5 (2,3)	53,9 (2,6)	54,4 (2,5)	58,8 (2,3)	1,5 (0,1) <sup>c</sup>	2,1 (0,1) <sup>c</sup>	1,7 (0,1)	1,9 (0,12)
<b>Benton</b>								
Correctas	0,75 (0,2)	1,2 (0,1)	1,2 (0,2)	0,8 (0,2)	0,4 (0,2) <sup>c</sup>	1,4 (0,1) <sup>c</sup>	0,7 (0,2) <sup>c</sup>	1,3 (0,2) <sup>c</sup>
Errores	-0,9 (0,4) <sup>c</sup>	-3,0 (0,5) <sup>c</sup>	-2,8 (0,5) <sup>c</sup>	-1,3 (0,4) <sup>c</sup>	-0,4 (0,4) <sup>c</sup>	-3,3 (0,4) <sup>c</sup>	-0,6 (0,4) <sup>c</sup>	-3,7 (0,5) <sup>c</sup>
<b>Pares craneales</b>								
I	1,1 (0,1)	1,5 (0,1)	1,4 (0,1)	1,1 (0,1)	1,3 (0,2)	1,3 (0,1)	1,3 (0,1)	1,3 (0,1)
II	8,0 (0,2)	7,3 (0,2)	7,4 (0,2) <sup>b</sup>	8,0 (0,3) <sup>b</sup>	7,3 (0,2)	7,9 (0,2)	7,2 (0,2) <sup>b</sup>	8,1 (0,3) <sup>b</sup>
III, IV y VI	0,6 (0,1)	0,6 (0,1)	0,9 (0,2) <sup>b</sup>	0,5 (0,1) <sup>b</sup>	0,7 (0,1)	0,6 (0,1)	0,5 (0,1)	0,8 (0,1)
V	0,3 (0,1)	0,4 (0,1)	0,4 (0,1)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,4 (0,1)	0,2 (0,1) <sup>b</sup>	0,5 (0,1) <sup>b</sup>
VII	0,1 (0,0)	0,2 (0,1)	0,4 (0,1)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,4 (0,1)	0,2 (0,1)	0,1 (0,0)
VIII	1,4 (0,1)	1,9 (0,2)	1,9 (0,2)	1,5 (0,2)	1,0 (0,1) <sup>b</sup>	2,2 (0,2) <sup>b</sup>	0,9 (0,1) <sup>b</sup>	2,4 (0,2) <sup>b</sup>
IX y X	2,0 (0,2)	1,9 (0,2)	2,1 (0,2)	1,8 (0,2)	1,8 (0,2)	2,1 (0,2)	1,9 (0,1)	1,8 (0,1)
XI	0,4 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)	0,4 (0,1)	0,3 (0,1)	0,3 (0,1)	0,2 (0,1)	0,2 (0,1)
XII	0,7 (0,1)	0,5 (0,1)	0,5 (0,1)	0,7 (0,1)	0,5 (0,1)	0,6 (0,1)	0,5 (0,1)	0,6 (0,1)
Fuerza superior	9,4 (1,1)	9,0 (0,9)	7,8 (1,1) <sup>b</sup>	10,7 (0,9) <sup>b</sup>	7,6 (0,9)	10,2 (1,0)	7,3 (0,7) <sup>b</sup>	11,4 (1,2) <sup>b</sup>
Fuerza inferior	10,2 (1,1)	12,8 (1,2)	11,6 (1,2)	11,5 (1,0)	7,9 (0,8) <sup>b</sup>	14,3 (1,2) <sup>b</sup>	9,3 (0,9) <sup>b</sup>	13,7 (1,3) <sup>b</sup>
Tono	0,4 (0,1)	0,5 (0,1)	0,5 (0,1)	0,3 (0,1)	0,2 (0,1) <sup>b</sup>	0,6 (0,1) <sup>b</sup>	0,2 (0,1) <sup>b</sup>	0,7 (0,1) <sup>b</sup>
Reflejos profundos	4,1 (0,4) <sup>b</sup>	5,2 (0,4) <sup>b</sup>	4,9 (0,4)	4,4 (0,4)	4,4 (0,5)	4,7 (0,3)	4,7 (0,4)	4,5 (0,4)
Reflejos cutáneos	5,2 (0,3)	4,6 (0,3)	4,9 (0,3)	4,9 (0,3)	4,5 (0,5)	4,8 (0,3)	5,2 (0,3)	4,4 (0,3)
Cerebelo	0,9 (0,1)	1,0 (0,1)	1,0 (0,1)	0,9 (0,1)	0,6 (0,1) <sup>b</sup>	1,2 (0,1) <sup>b</sup>	0,6 (0,1) <sup>b</sup>	1,3 (0,1) <sup>b</sup>
Sensibilidad superior	0,8 (0,2)	0,6 (0,1)	0,7 (0,1)	0,6 (0,1)	0,5 (0,1)	0,8 (0,1)	0,6 (0,1)	0,8 (0,2)
Sensibilidad profunda	0,4 (0,1)	0,6 (0,1)	0,6 (0,1) <sup>b</sup>	0,3 (0,1) <sup>b</sup>	0,2 (0,1) <sup>b</sup>	0,6 (0,1) <sup>b</sup>	0,4 (0,1)	0,5 (0,1)
Sensibilidad discriminativa	1,6 (0,2) <sup>b</sup>	2,5 (0,2) <sup>b</sup>	2,4 (0,2) <sup>b</sup>	1,7 (0,1) <sup>b</sup>	1,5 (0,1) <sup>b</sup>	2,4 (0,1) <sup>b</sup>	1,6 (0,2) <sup>b</sup>	2,5 (0,2) <sup>b</sup>
Atrofia	1,4 (0,2)	1,6 (0,1)	1,5 (0,2)	1,5 (0,2)	1,1 (0,1) <sup>b</sup>	1,8 (0,2) <sup>b</sup>	0,9 (0,1) <sup>b</sup>	2,0 (0,2) <sup>b</sup>
Trofismo	1,4 (0,1)	1,4 (0,1)	1,5 (0,1)	1,3 (0,1)	1,4 (0,1)	1,4 (0,1)	1,4 (0,2)	2,4 (0,1)

CI: coeficiente intelectual total; DE: desviación estándar; ICV: índice de comprensión verbal; IMT: índice de memoria de trabajo; IRP: índice de razonamiento perceptual; IVP: índice de velocidad de procesamiento; OP: plaguicidas organofosforados; WAIS-IV: escala de inteligencia para adultos de Wechsler.

<sup>a</sup> Se presentan solo los resultados de las pruebas con diferencias significativas con exposición a plaguicidas organofosforados.

<sup>b</sup> Prueba t, p < 0,05.

<sup>c</sup> Prueba U Mann Whitney, p < 0,05.

- Test Mini-mental de Folstein (MMSE): establece alteraciones neurológicas con afectación frontal.
- b) Desempeño motor: se evaluaron los 12 pares craneales, la fuerza muscular, el trofismo y el tono muscular, los reflejos profundos osteotendinosos y superficiales, la función cerebelosa, la sensibilidad y la marcha. Se otorgó un punto si había patología asociada, según la tabla de exploración neurológica básica<sup>12</sup>. A mayor puntuación, mayor presencia de patología.

#### Variable de exposición (variable dicotómica)

Se determinó mediante un cuestionario ocupacional y de salud. Corresponde a trabajadores/as agrícolas expuestos/as laboralmente a plaguicidas organofosforados desde hace más de 5 años (expuestos/as) y trabajadores/as no agrícolas no expuestos/as laboralmente a plaguicidas (control).

#### Otras variables

Edad, sexo, nivel educativo, ingreso socioeconómico, cercanía de la vivienda a predios agrícolas, tipo de ocupación, provincia, tiempo trabajando en ocupación actual, plaguicidas utilizados en el trabajo o en el hogar, intoxicación por plaguicidas y consumo ocasional de alcohol u otra droga. Estas variables se midieron con el cuestionario.

#### Análisis estadístico

Se utilizaron análisis descriptivos, prueba t de Student, prueba no paramétrica U de Mann Whitney y modelos de regresión lineal múltiple (intervalo de confianza del 95%), aplicando una eliminación *backward*. Para la selección de las covariables se consideraron criterios teóricos, epidemiológicos y estadísticos, quedando en los modelos las variables con valor  $p \leq 0,10$ . El análisis de las variables dependientes correspondientes a cada test se realizó por separado. Se utilizó el programa estadístico STATA 12.0.

El protocolo de investigación y consentimiento informado fue aprobado por el Comité de Ética Científico de la Universidad Católica del Maule.

## Resultados

De 207 trabajadores/as reclutados/as pudo evaluarse a 177 con la totalidad de las pruebas de medición. De este grupo, el 47% eran trabajadores/as no agrícolas (auxiliares, trabajadores/as independientes, vendedores/as y obreros/as) y el 53% eran trabajadores/as agrícolas (temporeros/as y aplicadores/as). La edad promedio fue de 50 años y el ingreso económico promedio fue de 358 dólares para ambos grupos. De los trabajadores/as expuestos/as, el 70% tiene menos de 12 años de estudios, el 67% son hombres, el 18% utilizó plaguicidas con el ingrediente activo metamidofos y el 48% utilizó clorpirifos.

El análisis descriptivo-comparativo del funcionamiento neuropsicológico y neuromotor de los/las trabajadores/as se muestra en la [tabla 1](#).

Los/las trabajadores/as expuestos/as rinden por debajo del promedio normativo esperado ([tabla 1](#)). Además, la edad, el sexo y los años de estudios se relacionan significativamente con las funciones neuropsicológicas y neuromotoras.

Las variables que resultaron significativas en los modelos fueron los años de estudio, la edad y el sexo. Ajustando los resultados del desempeño neuropsicológico y neuromotor por estas variables ([tabla 2](#)), se observa que los/las expuestos/as rinden en promedio 3 puntos menos que los/las no expuestos/as en comprensión verbal, 4 puntos menos en velocidad de procesamiento, 4 puntos menos en el coeficiente intelectual y 1 punto más de dificultad en los reflejos profundos y en la sensibilidad discriminativa.

## Discusión

Los datos son concordantes con los de otros estudios que demuestran que los/las trabajadores/as agrícolas expuestos/as a plaguicidas organofosforados presentan un menor rendimiento cognitivo en las pruebas neuropsicológicas al ajustar por edad, sexo y años de estudios, y además aportan nueva evidencia al demostrar que la comprensión verbal y la sensibilidad discriminativa son las áreas más afectadas. En cuanto a los efectos en el rendimiento en memoria de trabajo y memoria visual, aspecto controvertido

**Tabla 2**

Modelos de regresión lineal múltiple de las variables neuropsicológicas y motoras estudiadas según grupo de expuestos/as a plaguicidas organofosforados y grupo control, ajustados por años de estudios, edad o sexo de los/las trabajadores/as (n = 177)

Áreas evaluadas	R <sup>2</sup>	Coefficiente B	p	IC95%	
<i>Índice de comprensión verbal</i>	0,36				
Expuesto/control <sup>a</sup>		-3,2	0,034	-6,14	-0,23
Años de estudio <sup>b</sup>		-12,9	<0,001	-15,9	-9,96
<i>Índice de razonamiento perceptual</i>	0,14				
Expuesto/control <sup>a</sup>		-2,4	0,152	-5,64	0,88
Años de estudio <sup>b</sup>		-7,6	<0,001	-10,88	-4,29
<i>Índice de velocidad de procesamiento</i>	0,24				
Expuesto/control <sup>a</sup>		-4,4	0,036	-8,55	-0,28
Años de estudio <sup>b</sup>		-9,8	<0,001	-13,81	-5,86
Sexo <sup>c</sup>		-5,1	0,012	-9,15	-1,14
<i>Coefficiente intelectual total</i>	0,32				
Expuesto/control <sup>a</sup>		-4	0,016	-6,79	-0,71
Años de estudio <sup>b</sup>		-11,8	<0,001	-14,85	-8,72
<i>Minimal</i>	0,13				
Expuesto/control <sup>a</sup>		-1	0,037	-1,67	-0,05
Años de estudio <sup>b</sup>		-1,6	<0,001	-2,39	-0,75
<i>Reflejos profundos</i>	0,02				
Expuesto/control <sup>a</sup>		1,1	0,042	0,04	2,20
<i>Sensibilidad discriminativa</i>	0,14				
Expuesto/control <sup>a</sup>		1	0,009	0,16	1,15
Edad <sup>d</sup>		0,04	<0,001	0,02	0,06

IC95%: intervalo de confianza del 95%.

<sup>a</sup> Expuesto/control: expuesto/a a organofosforados = 1, control = 0.

<sup>b</sup> Años de estudio: menos de 12 años = 1, al menos 12 años = 0.

<sup>c</sup> Sexo: hombre = 0, mujer = 1.

<sup>d</sup> Edad: menor de 50 años = 0, de 50 años o más = 1.

en la literatura científica sobre el tema<sup>2-9</sup>, en nuestro caso no se observó una disminución en dichas funciones en los/las trabajadores/as expuestos/as a plaguicidas organofosforados.

Con respecto al coeficiente intelectual, al controlar la variable años de estudio se observa un rendimiento más bajo en los/las trabajadores/as expuestos/as a plaguicidas organofosforados, lo cual quiere decir que los/las expuestos/as con más años de estudios, similares a los/las no expuestos/as, presentan un más bajo desempeño en su funcionamiento cognitivo general. Esto es similar a lo observado en otro estudio con trabajadores agrícolas en el que, si bien no se ajustó por nivel de estudios, se obtuvo una diferencia significativa de 5 puntos en el rendimiento intelectual global entre trabajadores expuestos y no expuestos a plaguicidas organofosforados<sup>3</sup>.

El bajo rendimiento en comprensión verbal<sup>13</sup> indica que los/las trabajadores/as tienen dificultades en las habilidades de formación de conceptos, razonamiento verbal y conocimiento adquirido del ambiente sociocultural. Por otro lado, el bajo desempeño en velocidad de procesamiento<sup>13</sup> es un indicador de lentitud en el procesamiento de la información y de dificultades de atención y de coordinación visuomotora.

La disminución en la sensibilidad discriminativa<sup>12</sup> se relaciona con una baja discriminación en la sensibilidad táctil, dolorosa y térmica, y con la habilidad para discriminar objetos. Esto podría relacionarse con neuropatías sensoriales.

Como limitaciones del estudio se reconocen las diferencias sociodemográficas observadas entre los/las trabajadores/as agrícolas y no agrícolas, que hicieron difícil la comparación entre grupos.

Los datos aportan evidencia para incentivar la prohibición de los plaguicidas más peligrosos y regular la venta de los moderadamente peligrosos<sup>14</sup>, fortalecer la capacitación de los/las trabajadores/as agrícolas y de la población general sobre el uso de plaguicidas y sus efectos<sup>15</sup>, aumentar la fiscalización y el control de las aplicaciones, e implementar un sistema de seguimiento de exposición a neurotóxicos en la población<sup>14</sup>.

#### Editor responsable del artículo

Alberto Ruano-Ravina.

#### Declaración de transparencia

El/la autor/a principal (garante responsable del manuscrito) afirma que este manuscrito es un reporte honesto, preciso y transparente del estudio que se remite a GACETA SANITARIA, que no se han omitido aspectos importantes del estudio, y que las discrepancias del estudio según lo previsto (y, si son relevantes, registradas) se han explicado.

#### ¿Qué se sabe sobre el tema?

Si bien algunos estudios demuestran que la exposición a plaguicidas provoca daños irreversibles en la salud, no es totalmente concluyente para el caso de la exposición a plaguicidas organofosforados y sus efectos en el desempeño neuropsicológico y motor. Algunos estudios han reportado una asociación entre la exposición a estos plaguicidas y un bajo desempeño en memoria visual y de trabajo, velocidad de procesamiento y coordinación visuomotora en trabajadores agrícolas. Sin embargo, no todos estos estudios coinciden en sus resultados y algunos de ellos usan pruebas incompletas y no estandarizadas.

#### ¿Qué añade el estudio realizado a la literatura?

El estudio es el primero que se realiza en Chile y en Latinoamérica. Por primera vez, además, se evalúa con un examen neuromotor y con cuatro pruebas neuropsicológicas completas. Confirma que la exposición a plaguicidas organofosforados provoca un desempeño disminuido, principalmente respecto a la velocidad de procesamiento y al coeficiente intelectual total. Así mismo, aporta nueva evidencia sobre cómo dicha exposición afecta la sensibilidad discriminativa de los trabajadores.

#### Financiación

Esta investigación fue financiada por un proyecto de investigación del Fondo Nacional de Investigación en Salud de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT) de Chile, FONIS SA13I20019 y por la Universidad Católica del Maule.

#### Contribuciones de autoría

M.T. Muñoz-Quezada, B. Lucero y V. Iglesias concibieron y diseñaron el trabajo. M.T. Muñoz-Quezada, B. Lucero, M.P. Muñoz, E. Achú, C. Cornejo, A. Grillo, C. Concha y A.N. Brito participaron en la recolección de los datos. Todos/as los/las autores/as contribuyeron al análisis y la interpretación de los datos, la redacción del manuscrito, la revisión crítica del texto y la aprobación de su versión final.

#### Conflicto de intereses

Ninguno.

#### Agradecimientos

Los/las autores/as agradecen el apoyo de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Católica del Maule, la Escuela de Salud Pública de la Universidad de Chile, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) de Curicó y la Secretaría Ministerial de Salud de la Región del Maule.

#### Bibliografía

1. Avalanja M, Hoppin J, Kamel F. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu Rev Public Health*. 2004;25:155-97.
2. Takahashi N, Hashizume M. A systematic review of the influence of occupational organophosphate pesticides exposure on neurological impairment. *BMJ* [edición electrónica]. 2014;4 (Consultado el 13/12/2015.) Disponible en: <http://bmjopen.bmj.com/content/4/6/e004798.full>
3. Mackenzie Ross SJ, Brewin CR, Curran HV, et al. Neuropsychological and psychiatric functioning in sheep farmers exposed to low levels of organophosphate pesticides. *Neurotoxicol Teratol*. 2010;32:452-9.
4. Blanc-Lapierre A, Bouvier G, Gruber A, et al. Cognitive disorders and occupational exposure to organophosphates: results from the PHYTONER study. *Am J Epidemiol*. 2013;177:1086-96.
5. Malekird AA, Faghieh M, Mirabdollahi M, et al. Neurocognitive, mental health, and glucose disorders in farmers exposed to organophosphorus pesticides. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2013;64:1-8.
6. Roldán-Tapia L, Parrón T, Sánchez-Santed F. Neuropsychological effects of long-term exposure to organophosphate pesticides. *Neurotoxicol Teratol*. 2005;27:259-66.
7. Bayrami M, Hashemi T, Malekird A, et al. Electroencephalogram, cognitive state, psychological disorders, clinical symptom, and oxidative stress in horticulture farmers exposed to organophosphate pesticides. *Toxicol Ind Health*. 2012;28:90-6.
8. Berent S, Giordani B, Albers JW, et al. Effects of occupational exposure to chlorpyrifos on neuropsychological function: a prospective longitudinal study. *Neurotoxicology*. 2014;41:44-53.

9. Steenland K, Dick RB, Howell RJ, et al. Neurologic function among termiticide applicators exposed to chlorpyrifos. *Environ Health Perspect.* 2000;108:293–300.
10. Muñoz-Quezada MT, Iglesias V, Lucero B, et al. Predictors of exposure to organophosphate pesticides in schoolchildren in the Province of Talca, Chile. *Environ Int.* 2012;47:28–36.
11. Muñoz-Quezada MT, Lucero B, Iglesias V, et al. Exposure pathways to pesticides in schoolchildren in the Province of Talca, Chile. *Gac Sanit.* 2014;28:190–5.
12. Goic A, Chamorro G, Reyes H. *Semiología médica*. Santiago: Editorial Mediterráneo; 2010. p. 770.
13. Rosas R, Tenorio M, Pizarro M. *Escala Wechsler de inteligencia para adultos. Manual de administración y corrección*. Santiago: NCS Pearson, INC-CEDETI UC; 2012. p. 291.
14. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Fourth National report on human exposure to environmental chemicals; 2009. 529 p. (Consultado el 13/12/2015.) Disponible en <http://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport.pdf>
15. Lehtola MM, Rautiainen RH, Day LM, et al. Effectiveness of interventions in preventing injuries in agriculture: a systematic review and meta-analysis. *Scand J Work Environ Health.* 2008;34:327–36.