

# Asociación entre exposición a plaguicidas y enfermedades crónicas en agricultores colombianos: resultados de un estudio transversal en Antioquia

**Oscar Iván Quirós-Gómez<sup>(1)</sup>, Sonia Margarita Gómez-Zuluaga<sup>(2)</sup>, Elsa María Vásquez-Trespalacios<sup>(3)</sup>, Angie Ximena Ortiz-Chamorro<sup>(4)</sup>**

<sup>1</sup>PhD en Epidemiología y Bioestadística. Facultad de Ciencias de la Salud, División de Salud Pública, Universidad CES, Medellín, Colombia. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5699-9912>.

<sup>2</sup>BSc. Microbióloga. Laboratorio Clínico Santa Teresa de Ávila, El Santuario, Antioquia, Colombia. ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7125-1514>

<sup>3</sup>PhD en Ciencias de la Salud Ocupacional. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad CES, Medellín, Antioquia. Colombia. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0665-5310>

<sup>4</sup>Médica, Magíster en Epidemiología. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad CES, Medellín, Colombia. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7443-8537>

## Correspondencia:

**Oscar Iván Quirós-Gómez**

Correo electrónico: [oquiros@ces.edu.co](mailto:oquiros@ces.edu.co)

**La cita de este artículo es:** Oscar Iván Quirós-Gómez et al. Asociación entre exposición a plaguicidas y enfermedades crónicas en agricultores colombianos: resultados de un estudio transversal en Antioquia.. Rev Asoc Esp Espec Med Trab 2025; 34(4):329-340

## RESUMEN.

**Introducción:** Los agricultores están expuestos permanentemente a plaguicidas aumentando su riesgo de enfermedades crónicas. En Colombia, existe escasa evidencia local.

**Objetivo:** Evaluar la relación entre exposición a plaguicidas y enfermedades crónicas en agricultores de un municipio colombiano.

**Material y Métodos:** Estudio transversal en 70 agricultores, evaluando exposición ocupacional, prácticas de protección y marcadores bioquímicos. Se estimaron razones de prevalencia (RP).

## ASSOCIATION BETWEEN PESTICIDES EXPOSURE AND CHRONIC DISEASES IN COLOMBIAN FARMERS: RESULTS FROM A CROSS-SECTIONAL STUDY IN ANTIOQUIA

### ABSTRACT

**Introduction:** farmers are permanently exposed to pesticides, increasing their risk of chronic diseases. In Colombia, there is little local evidence.

**Objective:** to evaluate the relationship between pesticides exposure and chronic diseases in farmers in a Colombian municipality.

**Resultados:** el 21 % reportó al menos una enfermedad crónica. La presencia de enfermedad crónica se asoció con la edad (RP = 1,06; IC95%: 1,00–1,11) y con los años trabajados en agricultura (RP = 1,03; IC95%: 1,01–1,06). En contraste, los años de uso de plaguicidas no mostraron asociación significativa tras el ajuste ni se encontraron asociaciones con tipos específicos de compuestos. Los biomarcadores estuvieron en rangos normales.

**Conclusiones:** la prevalencia de enfermedades crónicas se relacionó principalmente con factores acumulativos como la edad y el tiempo total en labores agrícolas.

**Palabras clave:** Plaguicidas; Enfermedades crónicas; Trabajadores agrícolas; Exposición ocupacional; Salud rural.

**Material and methods:** cross-sectional study in 70 farmers, evaluating occupational exposure, protection practices and biochemical markers. Prevalence ratios (PR) were estimated.

**Results:** 21% reported at least one chronic disease. The presence of chronic disease was associated with age (PR = 1.06; 95% CI: 1.00–1.11) and with years of experience in agriculture (PR = 1.03; 95% CI: 1.01–1.06). In contrast, years of pesticides use did not show a significant association after adjustment, nor were associations found with specific types of compounds. Biomarkers were within normal ranges.

**Conclusions:** The prevalence of chronic diseases was mainly related to cumulative factors such as age and total time spent in agricultural work.

**Key Words:** Pesticides; Chronic Disease; Agricultural Workers; Occupational Exposure; Rural Health.

**Fecha de recepción:** 13 de junio de 2025

**Fecha de aceptación:** 21 de diciembre de 2025

## Introducción

Los trabajadores agrícolas se encuentran dentro de las poblacionales ocupacionalmente más vulnerables debido a factores de riesgo sociales y culturales que se relacionan frecuentemente con su etnicidad, estatus migratorio, clase social y localización rural, así como a la presencia de barreras para el acceso a los servicios de salud<sup>(1,2)</sup>. Sumado a estos factores de riesgo, la exposición ocupacional a compuestos tóxicos como los plaguicidas, que se ha vinculado, según diversos estudios epidemiológicos, con el desarrollo de enfermedades crónicas, sitúa a las personas que se dedican a la agricultura en un riesgo alto de presentar desenlaces negativos específicamente de tipo neurológico, endocrino, respiratorio, dermatológico e incluso con ciertos tipos de

cáncer debido a su exposición prolongada<sup>(3,4,5,6)</sup>. Las consecuencias para la salud por el uso crónico de plaguicidas incluyen desde síntomas leves (cefalea, mareos) hasta efectos a largo plazo. Estudios en poblaciones agrícolas de larga trayectoria han encontrado mayor prevalencia de trastornos respiratorios crónicos (como tos crónica y sibilancias)<sup>(7)</sup> y alteraciones neuropsicológicas asociadas a la exposición acumulada a pesticidas organofosforados<sup>(8)</sup>. Incluso, se ha observado, mediante biomonitoring, que agricultores con más de 20 años de uso de plaguicidas presentan niveles disminuidos de colinesterasa en sangre y mayor frecuencia de síntomas neuroconductuales y metabólicos<sup>(9)</sup>, lo que sugiere una relación entre la exposición prolongada y enfermedades no transmisibles. Sin embargo, persiste la necesidad de explorar la carga real de enfermedades crónicas

en comunidades agrícolas locales y su asociación específica con el uso de plaguicidas.

En particular, los agricultores enfrentan vulnerabilidad debido al uso inadecuado de equipo de protección personal (EPP) y la falta de capacitación en el manejo seguro de plaguicidas. En Colombia, estudios locales han evidenciado deficiencias importantes en la protección y formación de los agricultores frente al uso de plaguicidas. Por ejemplo, en un estudio realizado en 2009 con campesinos del municipio de Marinilla (Antioquia), se encontró que el 84,3 % no utilizaba elementos de protección personal adecuados y el 83,2 % no había recibido capacitación sobre el manejo seguro de estos productos químicos<sup>(10)</sup>. El oriente antioqueño es una región agrícola de alta producción de hortalizas y legumbres en Colombia, donde el uso de plaguicidas y otros plaguicidas es intensivo<sup>(11)</sup>, y a pesar de que existen algunos estudios que han intentado abordar su efecto sobre la salud los agricultores<sup>(10,12)</sup>, la evidencia científica es aún escasa.

El objetivo fue determinar la asociación entre el uso de plaguicidas y la presencia de enfermedades crónicas autoreportadas en esta población. Adicionalmente, se midieron parámetros bioquímicos, colinesterasa eritrocitaria, alanino aminotransferasa –ALT–, aspartato aminotransferasa –AST– y proteína C reactiva –PCR, para evaluar signos subclínicos de toxicidad.

## Material y métodos

### Diseño y población

Estudio transversal de base realizado en 2024 con agricultores del municipio de El Santuario, Antioquia, Colombia (Figura 1), como línea basal de un proyecto de intervención en salud ocupacional. La información fue recolectada entre los meses de agosto y septiembre en las veredas Las Lajas y Valle María. Se incluyó a 70 trabajadores agrícolas adultos, seleccionados mediante convocatoria comunitaria gestionada a través de los líderes de acción comunal locales. Como criterio de inclusión, se requirió que los

participantes tuvieran al menos seis meses de experiencia laboral utilizando plaguicidas. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado antes de su participación.

### Variables e instrumentos

Se aplicó una encuesta estructurada construida por los investigadores (no validada previamente), administrada por personal entrenado, que indagó características sociodemográficas (edad, sexo, educación, estado civil), ocupacionales (años trabajando en agricultura, frecuencia de labores agrícolas), historial de uso de plaguicidas (años de uso de pesticidas, tipos de plaguicidas utilizados durante la vida laboral, cultivos principales y métodos de aplicación) y prácticas de seguridad (uso de elementos de protección personal -EPP, capacitación recibida en manejo de plaguicidas). La exposición a plaguicidas se operacionalizó principalmente como el número de años aplicando pesticidas (variable continua), y el tipo de compuestos utilizados, agrupados en las categorías más comunes: organofosforados, piretroides, carbamatos y herbicidas/fungicidas (incluyendo glifosato, paraquat, entre otros). También se registró si cultivaban productos específicos de la zona como tomate, papa o cilantro, debido a su posible relación con el tipo e intensidad de uso de plaguicidas. La encuesta fue construida ad hoc por los investigadores con base en literatura previa, si bien no cuenta con validación formal ni psicométrica, fue sometida a una prueba piloto en una muestra de agricultores no incluidos en el estudio con el propósito de asegurar claridad y comprensión en la redacción de los ítems.

El desenlace principal fue la presencia de enfermedad crónica (EC) autoreportada, definida como cualquier condición crónica diagnosticada previamente por un profesional de salud y referida por el participante, incluyendo hipertensión, diabetes, enfermedades respiratorias crónicas, cáncer, epilepsia, afecciones articulares, entre otras. La información fue recolectada mediante una pregunta estructurada con lista cerrada de

**FIGURA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE EL SANTUARIO, ANTIOQUIA, EN EL CONTEXTO NACIONAL Y SUDAMERICANO.**



condiciones, permitiendo múltiples respuestas. Como complemento a la caracterización de la exposición, se tomaron muestras de sangre en campo por profesionales de salud previamente capacitados, siguiendo protocolos estandarizados de bioseguridad y recolección. Las muestras fueron inmediatamente conservadas en neveras portátiles con control de temperatura y transportadas el mismo día al laboratorio clínico local acreditado para su procesamiento. Se determinaron niveles de colinesterasa eritrocitaria, así como parámetros bioquímicos como ALT, AST y proteína C reactiva (PCR), mediante kits comerciales validados.

#### Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de las características de la población. Las variables continuas con distribución no normal se

resumieron con mediana y rango intercuartílico (RIQ), y las categóricas con frecuencias y porcentajes. Para evaluar la asociación entre las exposiciones y la EC, primero se efectuó un análisis bivariado calculando razones de prevalencia (RP) crudas con sus intervalos de confianza (IC) del 95%, empleando regresión de Poisson robusta con enlace log para cada variable independiente por separado. Posteriormente, se ajustó un modelo multivariado de Poisson con varianza robusta que incluyó aquellas variables asociadas a EC en el análisis bivariado ( $p<0,20$ ) o de relevancia teórica. Las RP ajustadas con IC95% y valores de  $p$  se estimaron para identificar factores independientes asociados a la presencia de EC. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico R, considerando significativo  $p<0,05$ .

**TABLA 1. CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS, OCUPACIONALES Y DE EXPOSICIÓN (N=70).**

	n (%) o mediana (RIQ)
Edad, años	48 (40–57)
Años en agricultura	35 (19–45)
Años aplicando plaguicidas	34 (15–43)
Hombres	68 (97%)
Trabajan diariamente	63 (90%)
Educación secundaria o técnica	12 (17%)
Sin educación formal	3 (4%)
EPP: uso siempre	15 (21%)
EPP: uso nunca	32 (46%)
Capacitación formal en plaguicidas	30 (43%)
Consulta por síntomas agudos	7 (10%)
Cultivan papa o zanahoria	45 (64%)
Uso de glifosato	34 (49%)
Uso de Paraquat	23 (33%)
Uso de Mancozeb	25 (36%)
Colinesterasa eritrocitaria (Delta ph/h)*	128 (122 – 136)
ALT (U/L)*	31 (22,3 – 35,0)
AST (U/L)*	28 (24,0 – 33,0)
PCR (mg/L)*	1.8 (0,88 – 3, 46)
Enfermedad crónica presente	15 (21%)

\* Variables Reportadas en Mediana y RIQ. RIQ = rango intercuartílico; EPP = elementos de protección personal; ALT = alanina aminotransferasa; AST = aspartato aminotransferasa; PCR = proteína C reactiva. Colinesterasa eritrocitaria, valores de referencia: 91 - 164 U. Delta ph/h

## Resultados

Se incluyeron 70 agricultores, con una mediana de edad de 48 años (rango intercuartílico [RIQ]: 40–57), y 68 de ellos (97 %) eran hombres. En la prueba cognitiva de Pfeiffer, 63 participantes (90 %) obtuvieron un puntaje dentro del rango normal y 7 (10 %) presentaron puntajes compatibles con deterioro leve. En cuanto al estado civil, 48 (68 %) estaban casados o en unión estable, 13 (19 %) eran solteros y 9 (13 %) viudos o divorciados. El nivel educativo más

frecuente fue primaria completa o incompleta (n = 43; 61 %), seguido por secundaria o educación técnica (n = 12; 17 %) y sin educación formal (n = 3; 4 %) (Tabla 1).

La mediana de años trabajando en agricultura fue de 35 (rango intercuartílico [RIQ]: 19–45), y la mediana de años aplicando plaguicidas fue de 34 (RIQ: 15–43). Un total de 63 participantes (90 %) trabajaban en el campo diariamente. En cuanto a los plaguicidas utilizados a lo largo de su vida laboral, 57 (81 %) reportaron

uso de herbicidas o fungicidas, 26 (37 %) organofosforados, 18 (26 %) piretroides y 8 (11 %) carbamatos.

Los compuestos específicos más frecuentemente mencionados fueron glifosato ( $n = 34$ ; 49 %), paraquat ( $n = 23$ ; 33 %), mancozeb ( $n = 15$ ; 21 %), malatión ( $n = 13$ ; 19 %) y clorpirifos ( $n = 4$ ; 6 %). La técnica de aplicación más común fue la aspersión, utilizada por 64 participantes (91 %). En relación con los cultivos, 45 participantes (64 %) cultivaban papa y la misma proporción zanahoria, seguidos por tomate ( $n = 24$ ; 34 %), fríjol ( $n = 19$ ; 27 %), y en menor frecuencia maíz, habichuela, remolacha y cilantro.

En relación con el uso de elementos de protección personal (EPP) al aplicar plaguicidas, 15 agricultores (21 %) reportaron utilizarlos siempre, 23 (33 %) lo hacían ocasionalmente y 32 (46 %) no los usaban. Entre quienes usaban algún tipo de protección, los elementos más frecuentes fueron guantes ( $n = 17$ ; 24 %) y mascarilla básica ( $n = 8$ ; 11 %). Un número reducido de participantes refirió el uso de trajes impermeables o equipos completos de protección.

En cuanto a capacitación, 40 agricultores (57 %) indicaron no haber recibido formación formal sobre el manejo seguro de plaguicidas. Respecto a las prácticas de higiene post aplicación, 68 (97 %) afirmaron realizar al menos una medida, como cambio de ropa o lavado de manos; sin embargo, solo 52 (74 %) se duchaban el mismo día y 26 (37 %) reportaron lavado de manos inmediato tras la aplicación.

La prevalencia de enfermedad crónica (EC) autoreportada fue del 21 % ( $n = 15$ ). Las condiciones más frecuentemente informadas fueron hipertensión arterial ( $n = 4$ ) y artrosis o problemas osteomusculares crónicos ( $n = 3$ ). También se reportaron casos individuales de epilepsia, cáncer en remisión, enfermedad tiroidea, enfermedad respiratoria crónica y osteoporosis. Ningún participante refirió diagnóstico previo de diabetes. En 55 participantes (79 %) no se identificó ninguna enfermedad crónica conocida al momento basal.

Por otra parte, 23 agricultores (33 %) manifestaron haber presentado síntomas compatibles con intoxicación aguda por plaguicidas en algún momento de su vida laboral, incluyendo mareos, irritación dérmica u ocular, náuseas y vómito. De estos, solo 7 (10 %) reportaron haber consultado a un profesional de salud a causa de estos síntomas. En cuanto a los parámetros bioquímicos, los valores medianos de Alanina Aminotransferasa (ALT) (31 U/L), Aspartato Aminotransferasa (AST) (28 U/L), colinesterasa eritrocitaria (128 U/mL) y proteína C reactiva (PCR) (1,8 mg/L) se encontraron dentro de rangos de normalidad esperados, sin diferencias marcadas entre quienes tenían o no enfermedad crónica. Esto sugiere que al momento basal no había evidencia de efectos tóxicos agudos o alteraciones subclínicas detectables mediante esos marcadores (Tabla 1).

**Asociación entre uso de plaguicidas y enfermedad crónica**  
Se identificaron asociaciones crudas entre variables sociodemográficas y ocupacionales con la presencia de enfermedad crónica (EC) autoreportada. La edad se asoció positivamente con la prevalencia de EC, RP = 1,55 ( $p = 0,0003$ ). De manera similar, el tiempo de trabajo en actividades de agricultura, la RP fue 1,48 ( $p = 0,005$ ). Asimismo, el tiempo acumulado de uso de plaguicidas mostró una asociación positiva RP = 1,44 ( $p = 0,011$ ) (Tabla 2).

En contraste, las variables categóricas relacionadas con el uso de tipos específicos de plaguicidas no mostraron asociaciones estadísticamente significativas con la presencia de enfermedad crónica. El uso de organofosforados (RP = 1,48;  $p = 0,39$ ), piretroides (RP = 1,44;  $p = 0,44$ ) y herbicidas en general (RP = 1,48;  $p = 0,57$ ) no se asoció significativamente con la prevalencia de EC.

Del mismo modo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la prevalencia de enfermedad crónica entre quienes reportaron uso de compuestos específicos como glifosato o paraquat, en comparación con quienes no lo hicieron. Algunas categorías con tamaños

**TABLA 2. RAZONES DE PREVALENCIA CRUDAS DE ENFERMEDAD CRÓNICA SEGÚN CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS, OCUPACIONALES Y DE EXPOSICIÓN.**

Variable	RP cruda	IC95%	Valor p
Edad (años)	1,55	1,21–1,99	0,0003
Años en agricultura	1,48	1,12–1,94	0,005
Años usando plaguicidas	1,44	1,09–1,90	0,011
Uso de organofosforados	1,28	0,73–2,24	0,39
Uso de herbicidas/ fungicidas	1,13	0,73–1,77	0,57
Uso de glifosato	1,09	0,68–1,75	0,68
Uso de paraquat	1,22	0,68–2,18	0,50
Cultivo de cilantro	5,23	2,04–13,7	<0,001
Uso consistente de EPP	0,67	0,35–1,30	0,23

RP= Razón de Prevalencia; IC= Intervalo de Confianza

muestrales reducidos presentaron razones de prevalencia elevadas o muy bajas, aunque sin un patrón consistente.

Respecto a las prácticas de seguridad, no se encontró asociación significativa entre el uso consistente de EPP y la presencia de EC (RP cruda = 0,67 para uso siempre vs. nunca; p = 0,23). Tampoco la falta de capacitación mostró relación clara (RP cruda = 1,17; p = 0,74). En general, las variables de comportamiento y manejo de plaguicidas no evidenciaron impacto apreciable sobre la prevalencia de enfermedad crónica en el análisis crudo (Tabla 2).

En el modelo ajustado de regresión de Poisson (Tabla 3), se incluyeron como variables independientes la edad, los años trabajados en agricultura, los años de uso de plaguicidas y la variable indicadora de cultivo de cilantro. Se observó que tanto la edad como el tiempo total en agricultura se mantuvieron significativamente asociados con la presencia de enfermedad crónica. Específicamente, por cada año adicional de edad, la razón de prevalencia (RP) fue de 1,056 (IC95 %: 1,003–1,111; p = 0,039), y por cada año adicional trabajando en agricultura, la RP fue de 1,033 (IC95 %: 1,006–1,060; p = 0,014). Las otras

variables incluidas no mostraron asociaciones estadísticamente significativas en el modelo.

En el modelo ajustado, la variable indicadora de cultivo de cilantro presentó una razón de prevalencia de 9,14 (IC95 %: 4,66–17,94; p < 0,001). Aunque este valor sugiere una asociación elevada con la presencia de enfermedad crónica, el número de personas que reportaron cultivar cilantro fue muy bajo. Además, los años de uso de plaguicidas no mostraron una asociación significativa con la presencia de enfermedad crónica al controlar por tiempo total en agricultura (RP = 0,99; IC95 %: 0,96–1,02; p = 0,42) (Tabla 3).

## Discusión

Este estudio transversal exploró la asociación entre la exposición a plaguicidas y la presencia de enfermedades crónicas y parámetros bioquímicos para evaluar signos subclínicos de toxicidad, en una muestra de agricultores del oriente antioqueño. Se encontró que el 21 % de los participantes reportó al menos una enfermedad crónica diagnosticada, siendo la hipertensión arterial y los trastornos osteomusculares las condiciones más frecuentes. Este patrón es

**TABLA 3. ASOCIACIÓN AJUSTADA ENTRE CARACTERÍSTICAS SELECCIONADAS Y ENFERMEDAD CRÓNICA EN AGRICULTORES.**

Variable	RP Ajustada	IC95%	Valor p
Edad (años)	1,056	1,003 – 1,111	0,039 **
Años en agricultura	1,033	1,006 – 1,060	0,014 **
Años usando plaguicidas	0,988	0,959 – 1,018	0,424
Cultiva cilantro (Sí)	9,14	4,66 – 17,94	<0,001 **

\*\* Variables significativas ( $p < 0,05$ ).  
Modelo ajustado por todas las variables de la tabla (RP: Razón de Prevalencia; IC= Intervalo de Confianza).

coherente con lo esperado en una población mayoritariamente masculina, de mediana edad, con prolongada trayectoria laboral en agricultura. Estudios previos, como los de Hernández y Corona<sup>(13)</sup> han documentado que la exposición prolongada a plaguicidas puede asociarse con efectos adversos tanto agudos como crónicos. Sin embargo, en esta muestra no se identificó una frecuencia elevada de patologías comúnmente relacionadas con exposición a plaguicidas, como cánceres hematológicos o trastornos neurológicos degenerativos. En este sentido, nuestros resultados coinciden con el reporte de Andreotti et al<sup>(14)</sup>, quienes no encontraron ninguna asociación entre el glifosato y cualquier tipo de tumor sólido o neoplasia maligna linfoide en general, incluido el LNH y sus subtipos. Esta ausencia de asociación podría explicarse por el hecho de que la incidencia de algunos cánceres es inferior entre los trabajadores agrícolas cuando se comparan con la población general, lo que sugiere que el efecto del trabajador sano es un factor para considerarse, pues los grupos con una capacidad laboral reducida debido a enfermedad pueden estar subrepresentados de los estudios de exposición ocupacional<sup>(15)</sup>.

Adicionalmente, el tamaño muestral limitado, el autoreporte de la información y la dificultad para caracterizar los grupos de exposición elevada podrían explicar la ausencia de asociación.

Colombia cuenta con una normativa robusta sobre plaguicidas, incluyendo el Decreto 1076 de

2015<sup>(16)</sup> que regula el manejo seguro y el registro del usuario, el Decreto 1843 de 1991<sup>(17)</sup> que detalla condiciones de uso y comercialización, y el Decreto 1496 de 2018<sup>(18)</sup> que adopta el SGA para etiquetado y fichas de seguridad. Además, el ICA ha prohibido formulaciones altamente peligrosas mediante Resolución 062376 de 2020<sup>(19)</sup>, mientras que la Resolución 5897 de 2018<sup>(20)</sup> impone límites máximos de residuos en alimentos.

Estas disposiciones normativas pueden alterar el perfil de riesgo dado que muchos plaguicidas condicionan el mercado y su uso, y requieren capacitación y registros oficiales. Esto puede explicar por qué no se observaron diferencias significativas entre tipos de plaguicidas en este estudio, la mayoría de los agricultores informó uso de productos regulados, con mecanismos laborales y de control que homogenizan la exposición. Sin embargo, es necesario investigar si estas normas se cumplen efectivamente en zonas rurales, donde la falta de capacitación y control podrían diluir diferencias específicas por compuesto.

Los hallazgos del presente estudio mostraron que los factores temporales relacionados con la exposición, particularmente la edad y los años acumulados trabajando en agricultura, se asociaron de manera significativa con la presencia de enfermedades crónicas. Esta asociación es coherente con la hipótesis de que los efectos adversos derivados de la exposición prolongada a plaguicidas pueden ser de naturaleza acumulativa

y manifestarse clínicamente tras décadas de exposición ocupacional. En esta cohorte, la mediana de tiempo trabajando en agricultura fue de 35 años, reflejando trayectorias laborales extensas. Este patrón coincide con lo reportado por Agudelo et al., en un estudio realizado en otro municipio del Oriente antioqueño, donde aproximadamente el 60 % de los participantes llevaba más de dos décadas trabajando en labores agrícolas, y una alta proporción provenía de familias con tradición multigeneracional en el campo<sup>(21)</sup>.

Distinguir entre el efecto del envejecimiento normal y el efecto ocupacional acumulado es complejo en un estudio transversal; sin embargo, hallazgos de otras investigaciones respaldan la hipótesis de un impacto crónico de los plaguicidas: por ejemplo, una revisión integrativa de literatura realizada por Alavanja & Bonner, encontró que la mayoría de los estudios en distintos países reportan asociación positiva entre la exposición a pesticidas y diversas condiciones crónicas, incluido cáncer<sup>(3)</sup>.

Adicionalmente, un estudio de biomonitordeo en agricultores de la India con más de 20 años de aplicación documentó niveles de colinesterasa significativamente reducidos y mayor prevalencia de síntomas neuropsiquiátricos (irritabilidad, depresión, déficit de concentración) en comparación con controles no expuestos<sup>(9)</sup>. Tales evidencias sugieren que la exposición prolongada a plaguicidas sí puede contribuir al desarrollo de afecciones crónicas, aunque estas no siempre se diagnostican o atribuyen en las etapas tempranas. Un hallazgo inesperado del estudio fue la aparente asociación significativa entre el cultivo de cilantro y la presencia de enfermedad crónica. Este resultado debe interpretarse con extrema cautela, ya que se basa en únicamente dos participantes que reportaron cultivar esta hortaliza, ambos con diagnóstico previo de enfermedad crónica (hipertensión y enfermedad tiroidea, respectivamente). Esta coincidencia generó una razón de prevalencia elevada, probablemente influenciada por el tamaño muestral reducido

y susceptible a sobreestimación. Aunque el resultado podría ser atribuible al azar o a un sesgo por bajo número, se plantea, de manera hipotética, que ciertos cultivos, como el de hortalizas de hoja, podrían requerir esquemas más intensivos de manejo fitosanitario, lo cual conlleva una exposición más frecuente o concentrada a plaguicidas específicos.

En esta línea, Tibaduiza-Roa et al.,<sup>(22)</sup> documentaron que en cultivos de cilantro en Puebla (Méjico), se aplicaban plaguicidas en dosis elevadas y sin el uso adecuado de medidas de protección personal, lo que representa un riesgo potencial para la salud de los agricultores. Dado que no se contó con información detallada sobre prácticas agronómicas o frecuencia de exposición específica en los cultivadores de cilantro en esta muestra, estos hallazgos se presentan de manera exploratoria. Futuros estudios con mayor tamaño de muestra y caracterización precisa del uso de plaguicidas según tipo de cultivo podrían esclarecer si existen asociaciones diferenciales entre prácticas agrícolas específicas y el desarrollo de enfermedades crónicas.

En relación con los biomarcadores evaluados (colinesterasa eritrocitaria, ALT, AST y proteína C reactiva), no se observaron alteraciones significativas entre los participantes. Este hallazgo sugiere que, al momento de la evaluación, no había evidencia de inhibición marcada de colinesterasa (que indicaría intoxicación aguda por organofosforados) ni de inflamación sistémica activa. Estos resultados son consistentes con un patrón de exposición crónica y subaguda, más que con intoxicaciones recientes. Esto coincide con estudios como el realizado en Martin-Reina et al., en trabajadoras rurales, expuestas durante más de 10 años no presentaron reducciones significativas de la actividad de la colinesterasa a pesar de la exposición prolongada<sup>(23)</sup>. Sin embargo, los autores también señalan que, aunque los niveles de colinesterasa puedan mantenerse dentro del rango normal, suelen ser ligeramente menores que en grupos no expuestos, y estas diferencias

han sido asociadas con efectos neurológicos sutiles a largo plazo.

En este estudio no se contó con grupo control ni valores basales previos para comparación, por lo que estos biomarcadores funcionaron como un tamiz de seguridad, pero no permitieron medir impacto crónico. Además, es posible que algunos efectos crónicos de los plaguicidas, por ejemplo, en sistemas nervioso o endocrino, no se manifiesten mediante ALT/AST/PCR o sean detectables solo en evaluaciones posteriores, especialmente en una cohorte relativamente saludable y activa en el momento basal.

El plaguicida más utilizado en la población de estudio fue herbicidas/fungicidas seguido de organofosforados, este último coincide con lo detectado por Sánchez-Aranzazu en su trabajo sobre exposición a plaguicidas y efectos en salud en una población de Córdoba (Colombia); pero discrepa en los síntomas más reportados, puesto que en ese estudio los síntomas respiratorios y los neurológicos fueron los más prevalentes, en comparación con el presente estudio donde se reportaron más irritación cutánea u ocular<sup>(24)</sup>.

Este estudio presenta algunas limitaciones relevantes. La encuesta aplicada no cuenta con validación formal ni psicométrica; fue elaborada por los investigadores con base en literatura previa y adaptada a la población de interés. El tamaño muestral reducido limita la capacidad para detectar asociaciones de magnitud moderada y restringe la generalización de los hallazgos. La exposición y las enfermedades fueron autoreportadas, lo que puede introducir sesgo de memoria y subdiagnóstico, especialmente en contextos con limitado acceso a servicios de salud. Además, al tratarse de un estudio transversal, no es posible establecer relaciones causales; algunos patrones observados podrían reflejar causalidad inversa o el efecto del trabajador sano. No se midieron dosis específicas ni biomarcadores de efecto crónico más sensibles, por lo que podrían haberse pasado por alto alteraciones subclínicas. A pesar de estas limitaciones, los resultados ofrecen una aproximación útil al estado de salud

de agricultores de una región con alta exposición a plaguicidas. La baja adopción de prácticas seguras y la escasa capacitación detectadas constituyen alertas en salud pública. Aunque no se evidenció un efecto protector claro del uso de EPP sobre la prevalencia de enfermedades crónicas, su utilización es fundamental para prevenir intoxicaciones agudas y reducir exposición acumulada.

Es necesario fortalecer programas de educación en el manejo seguro de plaguicidas, así como promover prácticas agrícolas sostenibles. Proteger la salud de quienes trabajan en el campo es clave para la sostenibilidad social y económica del oriente antioqueño.

## Conclusiones

En esta población de agricultores del oriente antioqueño, colombiano, altamente expuesta a plaguicidas, no se encontró una asociación entre el uso de plaguicidas específicos y la presencia de enfermedades crónicas autoreportadas. Las condiciones más frecuentes, como hipertensión y afecciones osteomusculares, parecen estar más relacionadas con la edad y los años de labor agrícola que con tipos particulares de exposición. Si bien los biomarcadores evaluados no mostraron alteraciones relevantes al momento basal, estos hallazgos no descartan riesgos acumulativos ni efectos subclínicos. La percepción de buena salud entre los participantes no necesariamente refleja ausencia de daño, especialmente considerando la baja adopción de medidas de protección y la escasa capacitación reportada.

Se recomienda dar continuidad al seguimiento de esta cohorte para identificar posibles efectos a largo plazo de la exposición ocupacional. Paralelamente, es urgente fortalecer estrategias preventivas centradas en la formación, el uso adecuado de elementos de protección personal y la promoción de prácticas agrícolas seguras. La articulación entre autoridades de salud, el sector agrario y las comunidades rurales será clave para reducir los riesgos derivados del uso de

plaguicidas y proteger la salud de quienes trabajan en el campo. Además, se requieren políticas públicas que favorezcan el acceso a tecnologías menos tóxicas y alternativas sostenibles para el control de plagas.

### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Secretaría de Agricultura del municipio de El Santuario, Antioquia, por el respaldo institucional brindado durante el desarrollo de este estudio. En especial, se reconoce el valioso acompañamiento del ingeniero agrónomo Gustavo Velásquez, cuyo compromiso y gestión facilitaron el acercamiento con la comunidad agrícola local y contribuyeron significativamente al éxito del trabajo de campo.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés que pueda haber influido en la realización o interpretación de los resultados de este estudio.

### Bibliografía

1. Moyce SC, Schenker M. Migrant Workers and Their Occupational Health and Safety. *Annu Rev Public Health*. 2018;39:351-65.
2. Hu R, Shi L, Lee DC, Haile GP. Access to and Disparities in Care among Migrant and Seasonal Farm Workers (MSFWs) at U.S. Health Centers. *J Health Care Poor Underserved*. 2016;27(3):1484-502.
3. Alavanja MC, Bonner MR. Occupational pesticide exposures and cancer risk: a review. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 2012;15(4):238-63.
4. de Graaf L, Boulanger M, Bureau M, Bouvier G, Meryet-Figuiere M, Tual S, et al. Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers. *Environ Res*. 2022;203:111822.
5. de-Assis MP, Barcella RC, Padilha JC, Pohl HH, Krug SBF. Health problems in agricultural workers occupationally exposed to pesticides. *Rev Bras Med Trab*. 2021;18(3):352-63.
6. Hoppin JA, Valcin M, Henneberger PK, Kullman GJ, Umbach DM, London SJ, et al. Pesticide use and chronic bronchitis among farmers in the Agricultural Health Study. *Am J Ind Med*. 2007;50(12):969-79.
7. Buralli RJ, Ribeiro H, Mauad T, Amato-Lourenço LF, Salge JM, Diaz-Quijano FA, et al. Respiratory Condition of Family Farmers Exposed to Pesticides in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(6).
8. Sapbamrer R, Nata S. Health symptoms related to pesticide exposure and agricultural tasks among rice farmers from Northern Thailand. *Environ Health Prev Med*. 2014;19(1):12-20.
9. Kumar D, Sinha SN, Rajendra S, Sharma K. Assessing farmer's exposure to pesticides and the risk for non-communicable diseases: A biomonitoring study. *Science of The Total Environment*. 2023;891:164429.
10. Tabares L JC, López A YL. Salud y riesgos ocupacionales por el manejo de plaguicidas en campesinos agricultores, municipio de Marinilla, Antioquia, 2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2011;29(4):432-44.
11. García Marín S. Alerta por uso excesivo de plaguicidas en Oriente. *UdeA Noticias*. 2016 Abril 28.
12. Polanco López-de-Mesa Y, Hernández-Carmona D, Escobar-Pérez ML, Aguirre-Acevedo DC, Parra-Hernández Á. Medición de niveles de colinesterasas eritrocitarias en agricultores usuarios de plaguicidas y en practicantes de agroecología, San Cristóbal, Medellín, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2019;37(3):25-33.
13. Hernández Vazquez FD, Corona Sosa AA. El Peligro del Uso de Insecticidas o Plaguicidas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*. 2024;8(5):4831-53.
14. Andreotti G, Koutros S, Hofmann JN, Sandler DP, Lubin JH, Lynch CF, et al. Glyphosate Use and

- Cancer Incidence in the Agricultural Health Study. *J Natl Cancer Inst.* 2018;110(5):509-16.
15. Curl CL, Spivak M, Phinney R, Montrose L. Synthetic Pesticides and Health in Vulnerable Populations: Agricultural Workers. *Curr Environ Health Rep.* 2020;7(1):13-29.
16. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto 1076 de 2015.“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.”. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible Colombia; 2015.
17. Ministerio de Salud. Decreto 1843 de 1991 (Julio 22), por el cual se reglamentan parcialmente los titulos III, V, VI, VII y XI de la Ley 09 de 1979, sobre uso y manejo de plaguicidas-Listado de Plaguicidas. Colombia: Ministerio de Investigacion y Tecnologia; 1991.
18. República de Colombia. Decreto 1496 de 2018: Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y etiquetado de Productos Químicos., Asesoría salud ocupacional empresas Bucaramanga, Bogotá, Barrancabermeja. 2018.
19. Resolución 062376 de 2020: por la cual se prohíbe la importación, fabricación, registro, comercialización y uso en Colombia de plaguicidas de uso agrícola que contengan Fonofos, Captan, Dinoseb, Dibromuro de Etileno, Endrin o DBCP., (2020).
20. Resolución conjunta 5897 de 2018: por la cual se determina la permanencia del reglamento técnico que regula los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes., 5897 (2018).
21. Agudelo C RM, Soto V ML, Pérez O MM, Jaramillo G ML, Moreno T N. Condiciones de vida y trabajo de familias campesinas agricultoras de Marinilla, un pueblo del distrito agrario del oriente Antioqueño, Colombia, 2011. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública.* 2013;31:319-28.
22. Tibaduiza-Roa V, Morales-Jiménez J, Hernández-Anguiano AM, Muñiz-Reyes É, Huerta-de la Peña A. Sistema de producción del cilantro en Puebla y su impacto en la inocuidad. *Revista mexicana de ciencias agrícolas.* 2018;9(4):773-86.
23. Martin-Reina J, Casanova AG, Dahiri B, Fernández I, Fernández-Palacín A, Bautista J, et al. Adverse health effects in women farmers indirectly exposed to pesticides. *International journal of environmental research and public health.* 2021;18(11):5909.
24. Sanchez Aranzazu JM. Evaluación de la exposición a plaguicidas y efectos en la salud en población de Montelíbano (Córdoba), Colombia, . Santafe de Bogotá: Universidad del Rosario; 2022.