

Horticultura y salud en Cojumatlán, Michoacán. Una aproximación a través de los biomarcadores y el contexto social

Horticultura e saúde em Cojumatlán, Michoacán. Uma abordagem através de biomarcadores e do contexto social

DOI: 10.34188/bjaerv5n2-081

Recebimento dos originais: 20/01/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

María Antonieta Ochoa Ocaña

Doctora en Antropología. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad Académica de Estudios Regionales de la Coordinación de Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Lázaro Cárdenas esq. Felicitas del Río S/n. Jiquilpan de Juárez, Michoacán, CP 59510, México
E-mail: maocana@humanidades.unam.mx; antonietao@hotmail.com

Juana Sánchez-Alarcón

Maestra en Ciencias Ambientales. Laboratorio “Rafael Villalobos-Pietrini” de Toxicología Genómica y Química Ambiental, CA Ambiente y Genética UATLX-CA-223. Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Km 10.5 Autopista San Martín-Tlaxcala S/N, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tlaxcala, CP 90120, México
E-mail: xcarechava@hotmail.com

Ignacio García Ruiz

Maestro en Ciencias en Biotecnología. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Michoacán. Instituto Politécnico Nacional. Justo Sierra No. 28. Jiquilpan de Juárez, Michoacán, CP 59510, México
E-mail: igarcia@ipn.mx; garinacho@gmail.com

Rafael Valencia-Quintana

Doctor en Ciencias (Biología). Laboratorio “Rafael Villalobos-Pietrini” de Toxicología Genómica y Química Ambiental, CA Ambiente y Genética UATLX-CA-223. Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala Km 10.5 Autopista San Martín-Tlaxcala S/N, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros Tlaxcala, CP 90120, México
E-mail: prvq2004@yahoo.com.mx

RESUMEN

El progresivo uso de plaguicidas ha traído una serie de manifestaciones ambientales y efectos nocivos a la salud. Diversos estudios señalan que el empleo de biomarcadores permite tener un estimado real del impacto de los plaguicidas en la salud humana, especialmente en aquellos asociados a la exposición crónica a bajos niveles en comunidades agrícolas; los biomarcadores permiten identificar mutaciones génicas, aberraciones cromosómicas (AC) y daño al DNA. Con la oportuna detección del daño genético es posible tomar las medidas necesarias para disminuir o suprimir la exposición al agente cuando aún éste sea reversible, y de ese modo prevenir y disminuir el riesgo de desarrollar alteraciones patológicas, como el cáncer.

En México a pesar de ser un país con gran actividad agrícola, los estudios al respecto han sido relativamente pocos. Sobre datos de Cojumatlán de Régules, Michoacán, México a donde se

llevaron a cabo los estudios cuyos resultados se presentan, éste es un municipio que se ha dedicado de forma importante por más de tres décadas a la producción de hortalizas y han llevado a cabo un uso indiscriminado de plaguicidas como lo señalan los trabajadores agrícolas.

A través del análisis de biomarcadores genotóxicos en un total de 67 individuos entre hombres y mujeres expuestos de forma directa e indirecta a plaguicidas del municipio y un grupo testigo de la región (Municipio de Sahuayo), conformado de 50 individuos no expuestos a plaguicidas y dedicado a labores comerciales y de servicio, se observó que no hay diferencia entre población expuesta directa e indirectamente en Cojumatlán, sin embargo, al compararse con el grupo testigo sí existió diferencia en cuanto a la frecuencia de micronúcleos y otras alteraciones cromosómicas derivadas de daño al DNA. Esto podría guardar relación con una deficiente información sobre efectos a la salud y sobre las medidas de seguridad y manejo de estas sustancias en los campos de cultivo y a nivel doméstico que quedó evidencia a través del trabajo etnográfico.

Palabras clave: plaguicidas, salud, DNA, biomarcadores, genotóxico.

RESUMO

O uso progressivo de agrotóxicos trouxe uma série de manifestações ambientais e efeitos nocivos à saúde. Vários estudos indicam que o uso de biomarcadores permite ter uma estimativa real do impacto dos agrotóxicos na saúde humana, especialmente naqueles associados à exposição crônica a baixos níveis em comunidades agrícolas; biomarcadores possibilitam identificar mutações genéticas, aberrações cromossômicas (CA) e danos ao DNA.

Com a detecção oportuna de danos genéticos é possível tomar as medidas necessárias para reduzir ou suprimir a exposição ao agente quando ele ainda é reversível, e assim prevenir e reduzir o risco de desenvolver alterações patológicas, como o câncer.

No México, apesar de ser um país com grande atividade agrícola, estudos nesse sentido têm sido relativamente poucos. Sobre dados de Cojumatlán de Régules, Michoacán, México, onde os estudos cujos resultados são apresentados foram realizados, este é um município que tem sido significativamente dedicado por mais de três décadas à produção de hortaliças e realizou um uso indiscriminado de agrotóxicos como indicado pelos trabalhadores agrícolas.

Através da análise de biomarcadores genotóxicos em um total de 67 indivíduos entre homens e mulheres expostos direta e indiretamente a agrotóxicos do município e de um grupo controle da região (Município de Sahuayo), composto por 50 indivíduos não expostos a agrotóxicos e dedicados ao trabalho comercial e de serviço, observou-se que não há diferença entre população exposta direta e indiretamente em Cojumatlán, no entanto, quando comparado com o grupo controle, houve diferença na frequência de micronúcleos e outras alterações cromossômicas derivadas de danos ao DNA. Isso pode estar relacionado a informações ruins sobre os efeitos na saúde e sobre as medidas de segurança e manejo dessas substâncias nos campos de cultivo e no nível doméstico que foi evidenciado por meio de trabalho etnográfico.

Keywords: pesticidas, saúde, DNA, biomarcadores, genotóxico.

1 INTRODUCCIÓN

Plaguicidas y salud

Los agroquímicos son todas aquellas sustancias que se emplean en las actividades agrícolas a fin de dar mantenimiento y conservar los cultivos en buenas condiciones desde la siembra hasta el periodo de cosecha. Dentro de este grupo de productos se encuentran fertilizantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas; los primeros aportan nutrientes y el resto de estas sustancias son los

denominados plaguicidas cuya función es el control de diversos organismos que afectan la calidad y productividad de las cosechas agrícolas.

Los plaguicidas se ubican dentro de los compuestos ampliamente usados, incluyen gran variedad de sustancias, diferentes tanto en composición química como en sus propiedades. Su aplicación continúa, siendo la práctica más efectiva y aceptada para la protección de cultivos, contribuye de forma importante en el aumento de la productividad agrícola (Bolognesi, 2003), éstas difieren grandemente en su modo de acción, forma de ingreso, metabolismo, eliminación y nivel de toxicidad.

Dado que la producción mundial de alimentos se basa en gran medida en el uso de agroquímicos en general, se ha creado una dependencia progresiva de dichos productos, siendo los plaguicidas los más relevantes entre ellos.

Diversos estudios han evidenciado la presencia de residuos de plaguicidas organofosforados, carbamatos, triazinas y piretroides, entre otros, en aguas superficiales cercanas a zonas de producción agrícola en países como Venezuela, Colombia, Ecuador y México.

Las actividades agrícolas de los países en desarrollo siguen la tendencia internacional de ponderar los rendimientos y el aspecto económico por encima de los criterios de mantenimiento de los estándares de salud pública y conservación del ambiente (Benítez y Miranda, 2013).

Debido a su persistencia, son contaminantes ubicuos del ambiente y han sido encontrados en aire, suelo, agua, así como en tejidos humanos y animales. La población está inevitablemente expuesta a éstos a través de la contaminación ambiental o uso ocupacional. Al respecto, del total de plaguicidas aplicados un alto porcentaje no alcanza el “sitio blanco”, pues pueden degradarse, volatilizarse o lixiviarse, provocando con ello serios problemas ambientales (Ortiz-Hernández *et al.*, 2013). Además, las plagas desarrollan resistencia, lo cual obliga a los agricultores a aumentar las dosis, concentraciones y frecuencias, a elaborar nuevas mezclas y por lo tanto a demandar una mayor disponibilidad de estas sustancias en el mercado. La consecuencia de todo ello es el uso indiscriminado de plaguicidas, que conduce hacia la contaminación del ambiente, actuando negativamente contra los ecosistemas y provocando problemas de salud pública (Plenge-Tellechea y Sierra, 2007). Se cree que el 35% de los alimentos que ingerimos contienen restos detectables de pesticidas, sin embargo, la mayoría de los 600 tipos de plaguicidas no se detectan en alimentos. Por otra parte, desde 1945 a la fecha se ha multiplicado el uso de plaguicidas, y las fórmulas actuales son de 10 a 100 veces más poderosas que en 1975 (Montagut y Dogliotti, 2006, citado por Morales *et al.*, 2011).

Por otra parte, varios estudios han demostrado que los plaguicidas no son inofensivos y que su uso puede generar efectos adversos a mediano y a largo plazo sin considerar los casos de

intoxicación aguda, siendo un peligro no sólo para el ambiente sino para la población humana expuesta a éstos o a los productos de su degradación física o biológica. Muchos de ellos son capaces de inducir daños genéticos, además de producir diversos efectos adversos en la salud, afectando los sistemas nervioso, endocrino, inmune y reproductor (Costa *et al.*, 2006; Bolognesi *et al.*, 2011) y también tener acción teratogénica asociándose con enfermedades como cáncer (Karami *et al.*, 2011). Cabe destacar que en Estados Unidos se reconoce que la tercera causa de cáncer son los residuos de plaguicidas (Tyler, citado por Riechmann, 2003).

Si bien han sido más los estudios inclinados hacia la relación de estas sustancias con el cáncer, un estudio realizado a 652 trabajadores residentes de seis regiones del estado de California, reveló que los riesgos de enfermedades crónicas, tales como padecimientos cardíacos, apoplejía, asma, artritis y diabetes, son alarmantemente altos para un grupo conformado principalmente por hombres jóvenes que normalmente estarían en óptimas condiciones físicas (Seefoó, 2005). En general, de acuerdo con los estudios realizados, la mayoría de los casos, sobrepasan los límites establecidos por las normativas nacionales e internacionales, incluyendo la Organización Mundial de la Salud -OMS- (Bejarano, 2004). Bajo este panorama los plaguicidas están ubicados entre las sustancias más peligrosas a las que está expuesto el ser humano pues provocan problemas de salud pública (Damalas, 2015); todos los reportes oficiales señalan que es difícil llevar a cabo -hasta el momento- un estimado real del impacto de los plaguicidas en la salud humana, especialmente aquellos asociados a la exposición crónica a bajos niveles (Benítez y Miranda, 2013).

Específicamente sobre la exposición ocupacional, gran número de trabajadores agrícolas sufren cefaleas, vértigo y náuseas después de haber asperjado con plaguicidas los cultivos, e incluso después de realizado el trabajo (Secretaría de Salud, 2006). Este contacto ocupacional ocurre en todas las etapas del proceso de desarrollo de un plaguicida, es decir, su formulación, manufactura y aplicación; esta última fase involucra la exposición a muestras complejas de diferentes ingredientes activos, componentes “inertes” y subproductos que están presentes en las formas comerciales como impurezas, disolventes, etc. Además, los ingredientes “inertes” aunque no poseen actividad plaguicida, pueden ser biológicamente activos y en ocasiones ser más tóxicos para los organismos expuestos (Bolognesi, 2003).

El mal uso representa un riesgo aún mayor para la salud de las poblaciones expuestas directa o indirectamente a estas sustancias, además de que la disposición inadecuada de los envases vacíos crea contaminación en el ambiente y daños a la población en general.

Sin dar importancia o por desconocimiento de los daños que provocan los plaguicidas su empleo sigue en aumento por lo que es necesario realizar estudios de las poblaciones dedicadas a

las labores agrícolas empleando ensayos de diagnóstico temprano que permitan la identificación de daño genético (Muñoz, 2016).

Los biomarcadores, su empleo en la evaluación del daño genotóxico por plaguicidas

En el campo de la salud humana, el desarrollo, validación y uso de biomarcadores como herramientas de información para la evaluación de factores de riesgo asociados a la exposición a agentes ambientales (como los plaguicidas), se incrementa cada día por la necesidad de conocer los efectos adversos generados por la exposición laboral, ambiental y estilos de vida (Ochoa *et al.*, 2021). El monitoreo genotoxicológico en poblaciones humanas es una herramienta de gran utilidad para la estimación de riesgos genéticos derivados de la exposición ambiental a mezclas complejas de agentes potencialmente genotóxicos. El potencial genotóxico es un factor de riesgo primario para efectos a largo plazo tales como la carcinogénesis y la toxicología reproductora. La mayoría de los plaguicidas no han sido evaluados en una amplia variedad de pruebas de mutagenicidad tales como mutaciones génicas, aberraciones cromosómicas (AC) y daño al DNA. Aunque es difícil establecer una conexión entre la exposición a plaguicidas y la prevalencia de cáncer, especialmente debido al gran número de compuestos involucrados, algunos autores evidencian una mayor prevalencia de ciertos tipos de cáncer en poblaciones expuestas a plaguicidas (Costa *et al.*, 2006).

Estudios de biomonitoreo enfocados a modificaciones genómicas han sido llevados a cabo en poblaciones expuestas a plaguicidas en diferentes países para determinar el riesgo asociado a la exposición (Bolognesi *et al.*, 2011).

En este tipo de estudios es importante considerar diferentes variables que pueden estar afectando la respuesta, por lo que es necesario determinar además de los clásicos biomarcadores de exposición y/o daño y los de susceptibilidad, constituidos principalmente por polimorfismos genéticos que confieren al individuo diferencias en su capacidad metabólica, haciéndolos más o menos susceptibles al daño por exposición a ciertos agentes como los plaguicidas.

Análisis de tejidos y fluidos corporales para la determinación de compuestos, de sus metabolitos, de enzimas y otros factores bioquímicos han sido usados para documentar la interacción de los agentes químicos con los sistemas biológicos. La medición de estas sustancias, ahora referidas como “biomarcadores” son reconocidas como proveedoras de información que relacionan la exposición, con la dosis interna y los efectos, siendo relevantes en el proceso de evaluación de riesgos (Sánchez-Alarcón *et al.*, 2021).

El término biomarcador incluye cualquier medida que refleje una interacción entre un sistema biológico y un agente ambiental potencialmente peligroso, que puede ser físico, químico o biológico. Pueden ser utilizados para identificar las causas y hacer una mejor estimación cuantitativa

de aquellas asociaciones a niveles de exposición relevante. La medición de la respuesta puede ser, fisiológica, bioquímica, a nivel celular o molecular. Estos también pueden permitir identificar grupos susceptibles o individuos con mayor a menor riesgo por exposición a ciertos tipos de agentes ambientales y/u ocupacionales (Anwar, 1996).

Los biomarcadores tienen un impacto en el estudio de los factores de riesgo ambiental. El interés básico de los científicos es explorar estos aspectos, con el propósito de predecir o prevenir enfermedades pues la oportuna detección del daño genético permite tomar las medidas necesarias para disminuir o suprimir la exposición al agente cuando aún éste sea reversible, y de ese modo prevenir y disminuir el riesgo de desarrollar alteraciones patológicas, como el cáncer. Diferentes biomarcadores son utilizados para detectar las consecuencias de la exposición a plaguicidas antes de que efectos clínicos adversos a la salud ocurran. Como ejemplos de éstos, podemos citar: modificaciones en la composición celular sanguínea, alteraciones en actividades enzimáticas, aparición de aductos en el ADN, incrementos localizados de ARNm, aumento de determinadas proteínas, e incluso aparición de anticuerpos específicos contra un xenobiótico o frente a fracciones celulares como: núcleo, membrana, etc. (Gil, 2000).

Los polimorfismos genéticos como modificadores de susceptibilidad, han recibido atención reciente y hay cada vez un mayor interés en conducir estudios para explorar las interacciones genes-ambiente con el propósito de detectar poblaciones susceptibles, propensas a desarrollar daños en la salud por exposición a agentes químicos (Kelada *et al.*, 2003).

La determinación de alteraciones cromosómicas es un método establecido para el monitoreo de poblaciones ocupacional o ambientalmente expuestas a agentes potencialmente genotóxicos, como los plaguicidas. Daños visibles en cromosomas humanos como: aberraciones cromosómicas (AC), micronúcleos (MN), intercambio de cromátidas hermanas (ICH) y otras anomalías nucleares (AN) entre otros, pueden ser detectados (Sánchez-Alarcón *et al.*, 2021).

Como ya se señaló anteriormente, uno de los métodos para medir el daño cromosómico lo constituyen los MN, los cuales son fragmentos cromosómicos acéntricos o cromosomas completos con centrómero inactivado, que quedan rezagados durante la división celular (mitosis o meiosis), que aparecerán en el citoplasma durante la interfase como pequeños núcleos adicionales, por lo que al igual que la prueba de AC, permite detectar agentes aneugénicos y clastogénicos. En términos generales el registro de MN es mucho más sencillo y rápido, que el de AC. Además, los MN son biomarcadores confiables y relevantes, siendo más confiables estadísticamente hablando (Aiassa *et al.*, 2012). El ensayo de MN está considerado una prueba práctica, universalmente validada, de fácil acceso tecnológico y útil para evaluar inestabilidad genética inducida por agentes genotóxicos (Zalacain *et al.*, 2005) y es actualmente uno de los biomarcadores mejor establecidos para estudiar

el daño al DNA que ocurre en personas expuestas a plaguicidas (Fenech y Bonassi, 2011; Gentile *et al.*, 2012) Sobre los datos que se obtienen, al igual que las AC, un aumento en la frecuencia de MN implica un riesgo de desarrollo de cáncer (Bonassi *et al.*, 2007).

Por otra parte, además del empleo de linfocitos para este ensayo, el número de estudios que emplean células de la mucosa oral para la prueba de MN se ha incrementado en las últimas décadas, posiblemente debido a su simplicidad técnica y a la variedad de marcadores toxicológicos complementarios que pueden ser evaluados como: células binucleadas, cromatina condensada, cariólisis, picnosis, cariorrexis y yemas nucleares (Tolbert *et al.*, 1992), que son el reflejo de alteraciones fisiológicas en la célula, las cuales también pueden relacionarse con la exposición a agentes ambientales.

El análisis en células epiteliales es relevante debido a que casi el 92% de los diferentes tipos de cáncer son de origen epitelial.

En México a pesar de ser un país con gran actividad agrícola y un empleo excesivo de este tipo de compuestos, los estudios al respecto han sido relativamente pocos. Estimar el daño en poblaciones dedicadas al cultivo de alimentos es importante pues una base productiva del campo enferma afecta en mayor o menor medida la disponibilidad y la seguridad alimentaria, además, el tener un familiar enfermo de patologías crónico-degenerativas, como es el caso del cáncer, impacta sobre la economía familiar y ambos fenómenos tienen su efecto a escala local y regional en términos de desarrollo.

Sobre los estudios que se han llevado en el país con este tipo de biomarcadores, destacan los siguientes:

Gómez Arroyo y colaboradores en el 2000 evaluaron una población de floricultores del estado de Morelos. De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que la exposición a plaguicidas incrementa significativamente el daño genético, en células sanguíneas, lo que implica que este tejido es alterado a nivel cromosómico y que sufre rompimiento de cromosomas y/o alteraciones del huso mitótico, junto con otras AN.

En campos de Sinaloa, Martínez-Valenzuela y colaboradores (2009), encontraron una frecuencia de 2.83% en el grupo expuesto, contrastando con una frecuencia de 0.37% registrada en el grupo no-expuesto, la prueba estadística *U* de Mann-Whitney mostró diferencias significativas.

Este biomarcador también se usó para conocer y evaluar el daño clastogénico en cincuenta binomios madre-hijo de una comunidad agrícola en San Luis Potosí, reportándose para las madres un rango de 0.33 a 5, mientras que para los recién nacidos fue de 0 a 8. La frecuencia en la población no expuesta fue de 0 a 3, sin embargo, las diferencias encontradas entre los binomios expuestos y no expuestos no fueron estadísticamente significativas (Alvarado *et al.*, 2009).

En el estado de Guerrero, en la región de Tierra Caliente, el ensayo de MN en mucosa oral se empleó en trabajadores agrícolas. La diferencia entre las frecuencias de las poblaciones expuestas y la no-expuesta fueron estadísticamente significativas (Carbajal-López *et al.*, 2016).

En un grupo de trabajadoras y sus hijos provenientes de campos agrícolas de Baja California, constantemente expuesta a mezclas de plaguicidas y un grupo de mujeres no-expuestas de Ensenada fueron evaluados para determinar los efectos genotóxicos en células de la mucosa oral. Las frecuencias de células con MN y AN presentaron diferencias significativas entre las trabajadoras agrícolas y el grupo no expuesto, lo mismo ocurrió con las muestras de los hijos, demostrando que tanto la exposición directa (trabajadoras agrícolas) como indirecta (hijos de trabajadoras agrícolas) son un riesgo de daño genotóxico (Casteñeda-Yslas *et al.*, 2016).

La prueba de MN y AN, en mucosa oral, se empleó para evaluar a trabajadores expuestos ocupacionalmente a estos compuestos durante su aplicación aérea en campos agrícolas en Sinaloa. El estudio involucró a un grupo de pilotos de aviones usados para aplicar plaguicidas y a individuos no-expuestos como grupo testigo. Las relaciones de frecuencias entre pilotos y testigos expresaron la magnitud del daño a nivel celular (Martínez-Valenzuela *et al.*, 2017).

Xotlanihua-Gervacio y colaboradores (2018), llevaron a cabo un estudio en Nayarit en individuos dedicados a la aspersión de plaguicidas, empleando la prueba de MN en linfocitos. La población de estudio fue estratificada en tres grupos uno sin contacto directo con plaguicidas; el segundo moderadamente expuesto y el último grupo tenía una exposición elevada a estas sustancias. Los resultados muestran diferencias significativas entre los géneros, en donde los hombres tuvieron una frecuencia más baja que las mujeres. Se reportó una correlación positiva de la frecuencia de MN con la edad y se encontraron diferencias significativas al comparar los grupos moderado y altamente expuestos a plaguicidas con respecto al grupo testigo.

El estudio de caso. Cojumatlán, Michoacán

Este municipio se sitúa en la ribera del lago de Chapala, su población se ha dedicado de forma importante por más de más 30 años a la producción de hortalizas, siendo uno de los municipios destacados en la producción de este tipo de alimentos y que tiene como principales mercados Guadalajara, Jalisco y Zamora, Michoacán; su presencia también es importante a nivel regional.

A través de trabajo etnográfico los productores agrícolas señalaron que han llevado a cabo un uso indiscriminado de plaguicidas que ha hecho resistente a varios tipos de plaga como es el caso de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), refieren además que el excesivo uso de estas sustancias ha perjudicado de forma sustancial la productividad del suelo, siendo en general, mayor la necesidad

del uso de agroquímicos en cada ciclo agrícola y la búsqueda de mejor efectividad, lo cual incluye mezclas empíricas.

Rivera y colaboradores (2013), identificaron a Cojumatlán como uno de los municipios donde se emplearon en el pasado importantes cantidades de plaguicidas y aún en la actualidad se reporta el uso de organoclorados prohibidos, desde hace aproximadamente dos décadas. Al respecto, Ochoa y Pérez-Maldonado (2019) encontraron que la población presenta las concentraciones más altas de aldrin reportadas en México lo cual confirma el uso actual de esta sustancia que ya está prohibida a nivel internacional y nacional. Además, se encontró asociación entre la presencia de DM 2 y los niveles de DDE-Metabolito del DDT- (Cuadro 1). Sobre esto último cabe señalar que estas sustancias son consideradas disruptores metabólicos asociados a diabetes (Heindel y Vom-Sall, 2009; Arrebola, 2013; Arroyo y Olivero, 2014; Ochoa y Pérez-Maldonado, 2019).

Cuadro 1. Datos comparativos de presencia de compuestos orgánicos de alta persistencia (OP'S) en cojumatlan, michoacan (ng/g lípido)*

Muestra	Lindano	DDE	DDT	Aldrin
Sin DM 2 (n=13)				
Frecuencia	6	12	10	9
Media	1.43	5.60	3.70	1.58
Mediana	2.45	4.49	4.73	1.10
Desviación Estándar	1.63	3.47	2.11	1.53
Coefficiente de variación	114.13	61.86	57.03	96.84
Mínimo	3.55	12.44	5.08	4.50
Máximo	2.45	3.57	4.61	.80
Con DM 2 (n=17)				
Frecuencia	16	17	7	11
Media	3.36	13.10	2.25	1.42
Mediana	2.85	12.63	--	1.00
Desviación estándar	1.38	4.07	2.90	1.70
Coefficiente de variación	1.38	4.07	2.90	1.70
Mínimo	5.91	20.94	8.39	5.50
Máximo	2.47	6.41	4.67	0.5

Fuente: Ochoa-Ocaña MA, Pérez-Maldonado IN (2019). Presencia de plaguicidas organoclorados y su asociación con Diabetes mellitus 2 en Cojumatlán de Régules, Michoacán. En: Comunidad y territorio: el caso del occidente michoacano. UNAM. México. Pág: 189. Modificado.

Por otra parte, los perfiles epidemiológicos de la Secretaría de Salud indicaron que las enfermedades crónico-degenerativas como cáncer y diabetes ocupan desde el 2000 los primeros tres lugares en mortalidad y morbilidad. Debido a que los mosquitos representan una plaga constante, en especial en tiempos de lluvia, el dengue es una patología frecuente en la comunidad y existen campañas sanitarias para su control a través de sustancias químicas que aplican en las calles, pidiendo a los pobladores que se confinen en sus hogares y cierren sus puertas para evitar la inhalación.

Se realizó un trabajo etnográfico donde se conoció el proceso que sigue la selección y aplicación de plaguicidas además del conocimiento de los pobladores sobre el riesgo a la salud del uso de estas sustancias, las prácticas cotidianas en torno a las actividades agrícolas y la percepción sobre el estado de salud de los individuos pertenecientes al estudio que para este caso fueron 60.

Entre los datos relevantes están:

La edad promedio de ingreso a trabajo de campo es de 16 años aunque hubo referencia de niños menores de 10 años incorporados al trabajo agrícola, especialmente para la cosecha.

Los hombres se encargan de las labores de aspersión y las mujeres de trasplante, eliminación manual de maleza y cosecha.

En promedio el trabajo agrícola oscila entre 8 y 10 horas aunque existieron datos de entre 12 y 15 horas.

Las enfermedades presentes generalmente en la familia son diabetes y cáncer. Señalan además, que hay cada vez más casos de enfermedades neurológicas y patologías renales que no se asocian con Diabetes mellitus en población joven. Un nivel bajo de conocimientos sobre los efectos nocivos de los plaguicidas en la salud humana y sólo relaciona el daño a la salud con los casos de intoxicación aguda, pero no tienen conocimiento de sus efectos asociados a enfermedades crónico-degenerativas como diabetes y cáncer.

Los malestares que ellos manifiestan mayoritariamente son los asociados a las intoxicaciones agudas o envenenamientos tales como vómito, náuseas y pérdida de la conciencia.

Con relación a la percepción que los trabajadores agrícolas tienen sobre el sector de población más vulnerable de ser afectado por estas sustancias, señalaron por orden de importancia que son los niños, las mujeres embarazadas, los adultos mayores y finalmente la población general.

La capacitación en los tipos de plaguicidas y su modo de aplicación es muy escasa, y pese a reconocer que es importante recibir la capacitación en la práctica, y por trabajo etnográfico realizado con los distribuidores de agroquímicos, cuando se llevan a cabo pláticas o talleres de capacitación y que incluye por supuesto aspectos de salud, el número de asistentes es muy bajo.

Sobre las medidas de seguridad en la aplicación de plaguicidas en la práctica agrícola predomina el que no usan el equipo ni ropa adecuada y que no siempre al llegar a casa se separa la ropa usada en la faena de la ropa de la familia para el lavado ordinario.

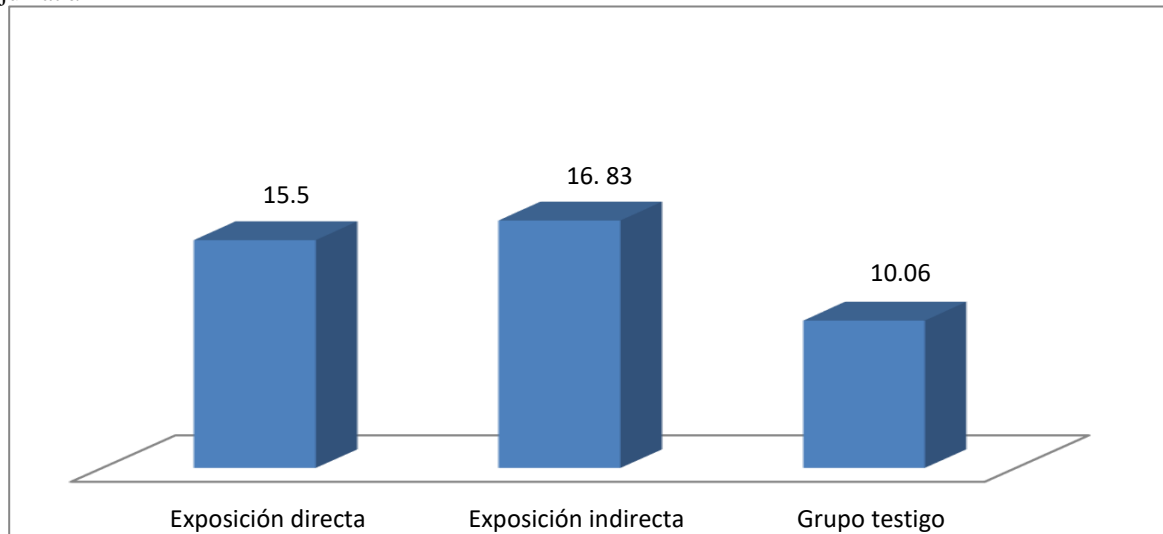
En los recorridos realizados en campo se ubicaron en las inmediaciones de las parcelas envases vacíos de plaguicidas tanto de baja, media y alta toxicidad. Los plaguicidas mayormente referidos son: Furadan®, Manzate®, Tamafox, Lannate®, Paraquat y Malation.

Los trabajadores agrícolas y los productores en general, refieren que las hortalizas ocupan más de estas sustancias en relación con los granos como maíz, o frijol, por lo que para “levantar” hasta tres cosechas de hortalizas el empleo de plaguicidas es elevado a fin de mantener los niveles de productividad, así como los estándares calidad que el mercado demanda.

En 2016 Muñoz llevó a cabo un estudio transversal empleando biomarcadores genotóxicos el cual tuvo como objetivo determinar los MN en linfocitos de sangre periférica y otros marcadores de daños celular en un total de 67 individuos entre hombres y mujeres expuestos de forma directa e indirecta a plaguicidas en Cojumatlán; se contó con un grupo testigo de 50 no expuestos plaguicidas pertenecientes al municipio de Sahuayo, municipio perteneciente a la misma región, dedicado a labores comerciales y de servicio.

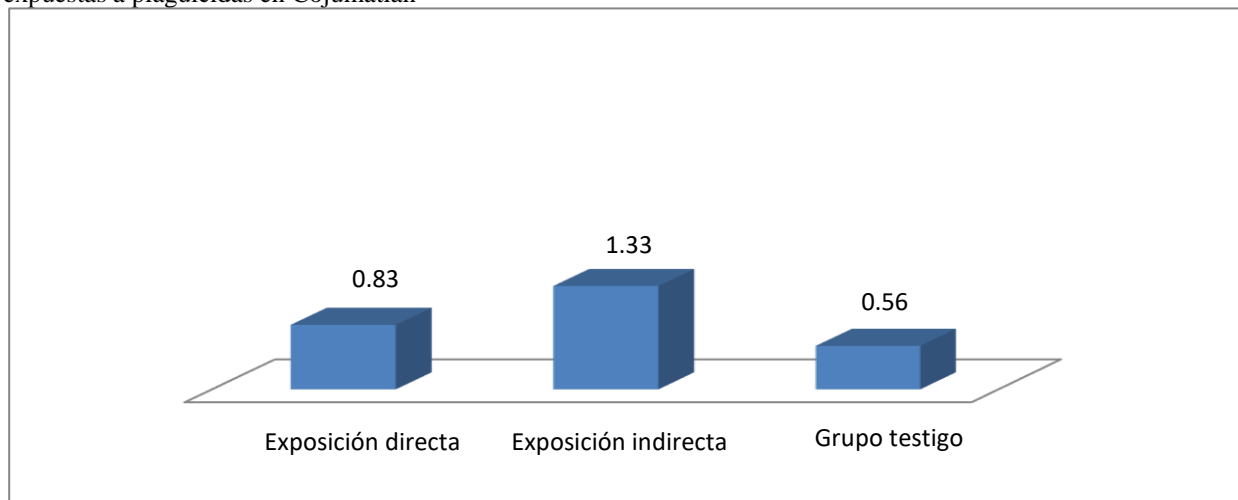
De acuerdo con los resultados, se observó que no hay diferencia entre población expuesta directa e indirectamente en Cojumatlán, sin embargo, al compararse con la población testigo (Sahuayo) sí existió diferencia en cuanto a la frecuencia de micronúcleos y otras alteraciones cromosómicas derivadas de daño al DNA (Gráficas 1 a 3).

Gráfica 1. Promedio de la frecuencia de MN por 1000 células binucleadas en poblaciones expuestas a plaguicidas en Cojumatlán



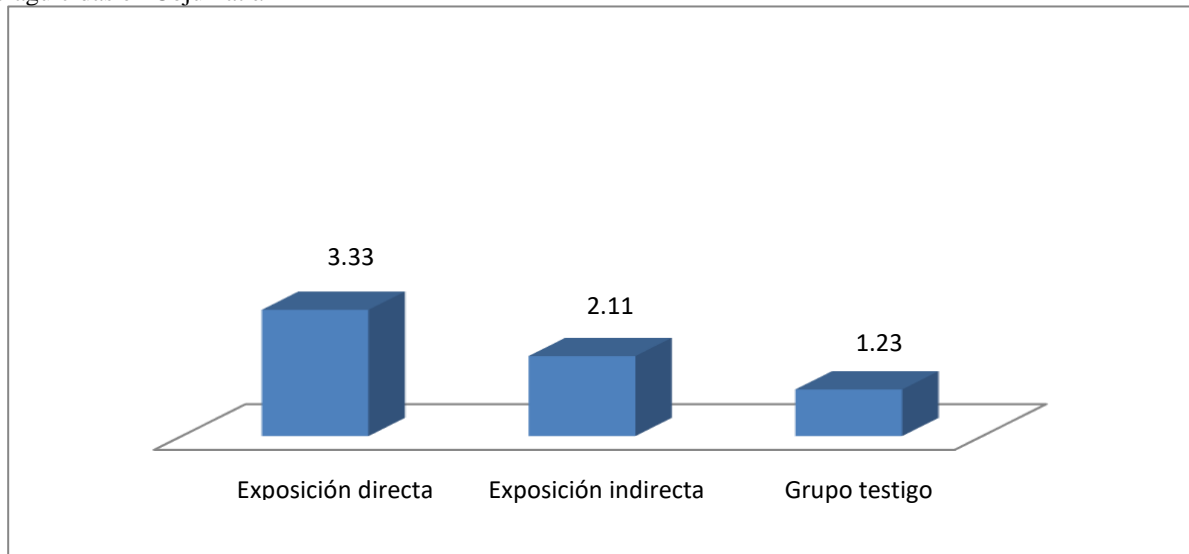
Fuente: Elaboración propia basada en información de: Muñoz, Juárez, Z. (216) .Evaluación del daño genotóxico ocasionado por plaguicidas en una población expuesta de la Ciénega de Chapala, Michoacán México. Tesis, Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias UNAM. México. Pág: 33.

Gráfica 2. Promedio de la frecuencia de puentes nucleoplásmicos (PN) por 1000 células binucleadas en poblaciones expuestas a plaguicidas en Cojumatlán



Fuente: Elaboración propia basada en información de: Muñoz, Juárez, Zm (2016). Evaluación del daño genotóxico ocasionado por plaguicidas en una población expuesta de la Ciénega de Chapala, Michoacán México. Tesis, Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias UNAM. México. Pág: 33.

Gráfica 3. Promedio de la frecuencia de brotes nucleares por 1000 células binucleadas en poblaciones expuestas a plaguicidas en Cojumatlán



Fuente: Elaboración propia basada en información de: Muñoz, Juárez Z (2016). Evaluación del daño genotóxico ocasionado por plaguicidas en una población expuesta de la Ciénega de Chapala, Michoacán México. Tesis, Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias UNAM. México. Pág. 33.

2 CONCLUSIONES

Los resultados del estudio de Muñoz (2016), se relacionan con lo manifestado en el trabajo realizado con los trabajadores agrícolas y productores, conformando así una visión biosocial. Destacan en los resultados las diferencias significativas entre la población expuestas (directa o indirecta) a plaguicidas y el grupo testigo y que representan la manifestación de un contexto en el que los conocimientos sobre efectos a la salud, las medidas de seguridad y cuidado en el manejo de estas sustancias son deficientes. Por otra parte, la conjunción de estos dos indicadores, el biológico y el social, estaría relacionada con la prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas reportadas como causas principales de mortalidad y morbilidad en los diferentes grupos de edad.

A partir de esta revisión, es recomendable introducir prácticas agrícolas que reduzcan el uso de plaguicidas, buscando un control biológico de plagas o un manejo integral adecuado; así como fomentar el empleo de protección para trabajadores que incluya el uso generalizado de mascarillas, guantes, gorras para evitar el contacto directo con estos productos, además de aconsejar que no se consuman alimentos durante o después la aplicación de plaguicidas sin lavarse las manos y la cara con agua y jabón, darse un baño al concluir la jornada y ponerse ropa limpia, lavar con agua y jabón la ropa empleada en campo separada de la ropa de resto de la familia, no almacenar envases, con o sin producto, dentro de los hogares y no tirar a campo abierto los envases vacíos. A nivel comunitario es importante incrementar actividades de prevención derivadas de buenas prácticas agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de FORDECYT-PRONACES, antes FOINS-CONACYT con clave FORDECYT-PRONACES, FOINS 2016-01-3203

REFERENCIAS

- Alvarado D, Yañez L, Montero R (2009). Organochlorine pesticides mixture exposure assessment and DNA damage in mother-child pairs in agricultural community in San Luis Potosi, Mexico. *Toxicol. Lett.* 189S: S208.
- Aiassa D, Mañas F, Bosch B, Gentile N, Bernard N, Gorla N (2012). Biomarcadores de daño genético en poblaciones humanas expuestas a plaguicidas. *Acta. Biol. Colombia.* 17(3): 485-510.
- Anwar WA (1996). Biomarkers of human exposure to pesticides. *Environ. Health Perspect.* 105 (Suppl 4): 801-806.
- Arrebola-Moreno JP (2013). Diabetes, obesidad y alteradores endocrinos. *Revista de Salud Ambiental (Esp. Congre).* Ponencia presentada en VII Conferencia Nacional de Disruptores Endocrinos. Universidad de Granada. España. 63-82.
- Bejarano F (2004). Guía ciudadana para la aplicación del Convenio de Estocolmo. RAPAM. México. 239 pp.
- Benítez-Díaz P, Miranda-Contreras L (2013). Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* 29(Núm. Especial): 7-23.
- Bolognesi C (2003). Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. *Mutat. Res.* 543: 251-272.
- Bonassi S, Znaor A, Ceppi M, Lando C, Chang WP, Holland N, Kirsch-Volders M, Zeiger E, Ban S, Barale R, Bigatti MP, Bolognesi C, Cebulska-Wasilewska A, Fabianova E, Fucic A, Hagmar L, Joksic G, Martelli A, Migliore L, Mirkova E, Scarfi MR, Zijno A, Norppa H, Fenech M (2007). An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis.* 28(3): 625-631.
- Bolognesi C, Creus A, Ostroski-Wegman, Marcos R (2011). Micronuclei and pesticide exposure. *Mutagenesis* 26(1): 19-26.
- Carbajal-López Y, Gómez-Arroyo S, Villalobos-Pietrini R, Calderón-Segura ME, Martínez-Arroyo A (2016). Biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticide mixtures in Guerrero state, Mexico, with comet assay and micronucleus test. *Environ Sci Pollut Res Int.* 23(3): 2513-2520.
- Castañeda-Yslas IJ, Arellano-García ME, García-Zarate MA, Ruíz-Ruíz B, ZavalaCerna MG, Torres-Bugarín O (2016). Biomonitoring with micronuclei test in buccal cells of female farmers and children exposed to pesticides of Maneadero agricultural valley, Baja California, México. *J Toxicol.* 2016: 7934257. doi: 10.1155/2016/7934257.
- Costa C, Teixeira JP, Silva S, Roma-Torres J, Coelho P, Gaspar J, Alves M, Laffon B, Rueff J, Mayan O (2006). Cytogenetic and molecular biomonitoring of a Portuguese population exposed to pesticides. *Mutagenesis* 21(5): 343-350.
- Damalas CA (2015). Pesticide drift: seeking reliable environmental indicators of exposure assessment. *Environmental indicators (R.H. Armon y O. Hänninen, Eds.).* Springer, Dordrecht, Holanda, 251-261.

Fenech M, Bonassi S (2011). The effect of age, gender, diet and lifestyle on DNA damage measured using micronucleus frequency in human peripheral blood lymphocytes. *Mutagenesis* 26 (1): 43-49.

Gentile N, Mañas F, Bosch B, Peralta L, Gorla N BM, Aiassa D (2012). Micronucleus assay as a biomarker of genotoxicology in the occupational exposure to agrochemicals in rural workers. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 88(6): 816-822.

Gil, F (2000). El papel de los biomarcadores en Toxicología humana. *Revista de Toxicología* 17(1): 19-26.

Gómez-Arroyo S, Díaz-Sánchez Y, Meneses-Pérez MA, Villalobos-Pietrini R, De León-Rodríguez J (2000). Cytogenetic biomonitoring in a Mexican floriculture worker group exposed to pesticides. *Mutat. Res.* 466: 117-134.

Karami-Mohajeri S, Abdollahi M (2011). Influence of organophosphate, carbamate, and organochlorine pesticides on cellular metabolism of lipids, proteins, and carbohydrates: a systematic review. *Toxic Human & Experimental Toxicology*.30 (9): 1119-1140.

Kelada SN, Eaton DL, Wang SS, Rothman NR, Khoury M (2003). The role of genetic polymorphisms in environmental health. *Environ. Health Perspect.* 111: 1055–1064.

Martínez-Valenzuela C, Gómez-Arroyo S, Villalobos-Pietrini R, Waliszewski S, Calderón-Segura ME, Félix-Gastélum R, Álvarez-Torre A (2009). Genotoxic biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa State, Mexico. *Environ. Int.* 35: 1155-1159.

Martínez-Valenzuela C, Waliszewski SM, Amador-Muñoz O, Meza E, Calderón Segura ME, Zenteno E, Huichapan-Martínez J, Caba M, Félix-Gastélum R, Longoria-Espinoza R (2017). Aerial pesticide application causes DNA damage in pilots from Sinaloa, Mexico. *Environ Sci Pollut Res Int.* 24(3): 2412-2420. doi: 10.1007/s11356-016-7974-5.

Morales-Hernández J, Bernardo- Hernández MJ (2011). La agroecología en los procesos de formación hacia la agricultura sustentable: Una experiencia en Jalisco, México. En: *La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural. Siglo XXI-ITESO. México.*

Muñoz Juárez Zeltizin (2016). Evaluación del daño genotóxico ocasionado por plaguicidas en una población expuesta de la Ciénega de Chapala, Michoacán, México. Tesis, Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias UNAM. México.

Ochoa-Ocaña MA, Pérez-Maldonado IN (2019). Presencia de plaguicidas organoclorados y su asociación con Diabetes mellitus 2 en Cojumatlán de Régules, Michoacán. En: *Comunidad y territorio: el caso del occidente michoacano. UNAM. México*

Ortiz-Hernández ML, Sánchez- Salinas E, Castrejón-Godínez ML, Dantán-González E, Popoca-Ursino EC (2013). Mechanism and strategies for pesticide biodegradation: opportunity for waste, soils and water cleaning. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental.* 29 (Núm. Especial): 85-104.

Plenge-Tellechea F, Sierra Fonseca JA y Castillo-Sosa YA (2007). Riesgos a la salud por plaguicidas”. *Tecnociencia.*1 (3): 4-12.

Riechmann J (2003). Cuidar la Tierra. Políticas agrarias y alimentarias sostenibles para entrar en el siglo XXI. Introducción. Icaria. Barcelona, España, pp 623.

Rivera M, Moncayo ER, Escalera GC, Juárez AA, Pérez ON (2013). La actividad agrícola y uso de agroquímicos en la subcuenca Chapala. En: Juárez, A.A., Corazón de la Tierra AC-FORDECYT Contaminación agrícola y erosión en la Cuenca del Lago de Chapala. Primera edición. Guadalajara, México, pp. 85-104.

Sánchez-Alarcón J, Milić M, Kasuba V, Tenorio-Arvide MG, Montiel-González JMR, Bonassi S, Valencia-Quintana R (2021). A Systematic Review of Studies on Genotoxicity and Related Biomarkers in Populations Exposed to Pesticides in Mexico. *Toxics*. 9(11):272. doi: 10.3390/toxics9110272.

Secretaría de Salud (2006). Manual Educación Saludable. México. Disponible en: http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/interior1/programas/escuela_salud.ht ml. Consulta: 15 enero 2015.

Seefoo-Luján JL (2005). La calidad es nuestra la intoxicación de usted. El Colegio de Michoacán. México, 348 pp.

Tolbert PE, Shy GM y Allen JW (1992). Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: methods development. *Mutat. Res.* 271(1): 69-77.

Xotlanihua-Gervacio MDC, Guerrero-Flores MC, Herrera-Moreno JF, Medina Díaz IM, Bernal-Hernández YY, Barrón-Vivanco BS, Sordo M, Rojas-García AE (2018). Micronucleus frequency is correlated with antioxidant enzyme levels in workers occupationally exposed to pesticides. *Environ Sci Pollut Res Int* 25(31): 31558-31568. doi: 10.1007/s11356-018-3130-8.

Zalacain ML, Sierrasesúmaga L, Patiño A (2005). El ensayo de micronúcleos como medida de inestabilidad genética inducida por agentes genotóxicos. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 28 (2):227-236.