



DOCUMENTOS / EXPERIENCIAS / NARRATIVA DOCENTE

Agrotóxicos y percepción de riesgos, una experiencia de Ciencia Ciudadana en las cuencas Lerma-Chapala y Pátzcuaro- Zirahuén, Michoacán, México

Pesticides and risk perception, a Citizen Science
experience in Lerma-Chapala and Pátzcuaro-Zirahuén
basins, Michoacán, México¹

**Ana Martínez-del-Río², Emma Iglesias-Mancera³,
Jaime Navia-Antezana⁴, Luis Yudico-Anaya⁵,
Antonio Rodríguez-Valencia⁶.**

Recibido: 29 de septiembre de 2022 / **Aceptado:** 20 de marzo de 2023

¹ Una versión preliminar de este documento fue publicada en Terán, Comp. *Geofísica ambiental. Evaluación de los impactos socioambientales del uso de glifosato en las cuencas de Pátzcuaro y Chapala* (México; 2021). Este trabajo resultó del proyecto 316204, "Evaluación de los impactos socioambientales del uso del glifosato en las cuencas de Pátzcuaro y Chapala", Foo3 de Programas Nacionales Estratégicos de Ciencia, Tecnología y Vinculación con los sectores social, público y privado, 2021.

² Mexicana. Maestra en Filosofía de las Ciencias. Profesora-investigadora Coord. Estudios Políticos y Sociales, Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH). Contacto: aemartinez@ucemich.edu.mx. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7032-0796>

³ Mexicana. Doctora en Ciencias para la Conservación del Patrimonio Paisajístico (CIIDIR-IPN). Investigadora independiente. Contacto: emmaflash@gmail.com. Registro ORCID: [hps://orcid.org/0000-0001-8681-1573](https://orcid.org/0000-0001-8681-1573)

⁴ Mexicano. Físico. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada GIRA. Contacto: leydesarrolloartesanal@gmail.com

⁵ Mexicano. Maestro en Ciencias Matemáticas. Profesor-investigador Ing. Nanotecnología, UCEMICH. Contacto: llyudico@ucemich.edu.mx. Registro ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7490-3304>

⁶ Mexicano. Doctor en Ciencias Médicas. Toxicólogo-EUTOROX. Contacto: drhanitzio95@hotmail.com



Resumen:

En el presente trabajo se exponen los resultados preliminares de la experiencia de implementación de un modelo de investigación-acción con un enfoque prospectivo empleando la estrategia de Ciencia Ciudadana, que tuvo por objetivo de generar información útil para el manejo comunitario de riesgos ambientales y la salud de las personas expuestas a agrotóxicos (glifosato, entre otros) como práctica común en la producción agrícola en las regiones lacustres de la Ciénega de Chapala y Pátzcuaro-Zirahuén, en Michoacán, México. Se plantearon recomendaciones preliminares que dimensionan el problema y señalan potenciales líneas de investigación y educación para el manejo del riesgo y las vulnerabilidades; ya que el riesgo disminuye o aumenta en función del grado de conocimiento que sustenta las prácticas agrícolas para el control de plagas.

Palabras claves: Ciencia Ciudadana, percepción de riesgo, México, agrotóxicos, glifosato.

Abstract:

The present paper presents the preliminary results of the experience of an action research model with a prospective approach using the Citizen Science strategy, aimed to generate useful information for community management of environmental risks and people's health exposed to pesticides (glyphosate, among others), a common practice in agricultural production in regions of Chapala Lake and Pátzcuaro-Zirahuén lakes, in Michoacán state, Mexico. Preliminary recommendations to dimension problems and point out potential lines of research and education for the management of risk and vulnerabilities were made, because risk decreases or increases in order of knowledge degree that sustains pest control agricultural practices.

Keywords: Citizen Science, risk perception, México, pesticides, glyphosate.

Introducción

La agroindustria mexicana ha crecido significativamente en las últimas tres décadas, lo mismo que el uso de agroquímicos para combatir plagas, mejorar la estética del producto o aumentar la productividad. A la par, debería haber crecido el número de estudios y bases de datos que, de manera certera, informaran a la ciudadanía y a los gobiernos la cantidad real de hectáreas cultivadas, legal e ilegalmente; las hectáreas de bosque perdidas por mes y año; el impacto por la pérdida de acuíferos asociados a las plantaciones comerciales; el daño causado a los ecosistemas, a los polinizadores y a la salud humana por la contaminación causada por el uso de agroquímicos; etc. Desafortunadamente, el interés económico supera el interés por la salud pública, la equidad, la paz y la conservación de los ecosistemas. De aquí surge la urgente necesidad de generar información y promover la participación de las comunidades afectadas en la toma de decisiones de política pública.

Objetivos

El objetivo de este trabajo fue identificar los posibles impactos de los agrotóxicos empleados en la agricultura sobre la biodiversidad y la salud de las personas en dos regiones lacustres de Michoacán incorporadas a las dinámicas de producción agro-tecnológicas que obedecen a las demandas de los mercados nacional e internacional.

Dada la relevancia del papel de las comunidades agrícolas -como principales usuarias y afectadas por el uso del glifosato- se adoptó la metodología de Ciencia Ciudadana para recuperar, desde los pobladores de estas comunidades, información relevante sobre: prácticas agrícolas para el control de plagas; percepción de riesgo asociado al uso del glifosato y otros agrotóxicos; percepción de cambio en la composición nativa de especies; problemas de salud y saberes locales de utilidad en la transición a sistemas de producción agroecológica. Esta información fue la base para:

- Seleccionar indicadores que den cuenta del estado actual del sistema socioambiental, y analizar las correlaciones que estos guardan entre sí.
- Recuperar información sobre el estado de conservación de la biodiversidad, calidad y disponibilidad del agua, y potenciales afectaciones a la salud de los habitantes de las comunidades rurales.
- Evaluar el nivel de vulnerabilidad que enfrentan las comunidades en distintos escenarios ambientales
- Identificar los problemas relevantes y potencialidades de las dos regiones estudiadas.
- Construir escenarios prospectivos aplicados a la planificación estratégica territorial.
- Diseñar estrategias y articular acciones que faciliten la gestión comunitaria del riesgo.
- Proveer elementos útiles para la elaboración de políticas de prevención, evaluación y remediación de daños ocasionados por la exposición a los agrotóxicos.
- Desarrollar proyectos de educación ambiental relacionados a la salud de las personas, participación ciudadana consciente e informada.

Se utilizó la estrategia de ciencia ciudadana no sólo por su potencial para recuperar grandes cantidades de datos, de manera colaborativa entre los investigadores involucrados se construyó un modelo de recopilación de datos permanente realizado por 26 Científicos Ciudadanos (CC), en su mayoría jóvenes universitarios. El grupo fue capacitado en los temas inherentes a la problemática para realizar 520 entrevistas a agricultores, en 40 comunidades pertenecientes a 10 municipios, localizados en las dos regiones estudiadas. La información reportada por los científicos ciudadanos fue registrada en una "Progressive Web App (PWA)" y vinculada a una base de datos, que reporta más de 100 mil entradas. En un primer análisis de la base de datos y de las percepciones y reflexiones de los CC, se plantearon una serie de conclusiones y recomendaciones preliminares con el afán de brindar elementos para dimensionar el problema, y señalar potenciales líneas de investigación e incidencia en temas de: educación para el manejo del riesgo, política pública, regulación, capacitación, prevención, monitoreo, atención médica y conservación de los servicios ambientales, entre otros. Se describe, además, cómo el riesgo disminuye o aumenta en función del grado de conocimiento que sustenta las prácticas agrícolas empleadas para el control de plagas.

Sabemos que las decisiones construidas mediante la participación inclusiva son más propensas a ser apoyadas durante su implementación que aquellas que son definidas a través de planificaciones centralizadas y gestiones jerárquicas. La toma colectiva de decisiones para la gestión de riesgos desde las comunidades es la meta de este proyecto de investigación-acción. Con base en lo anterior, el presente proyecto parte de las siguientes premisas:

1. Todo proyecto de investigación debe contribuir a satisfacer necesidades colectivas concretas.

2. La resolución de un problema complejo demanda la participación de diversas disciplinas y saberes locales.
3. Es necesario conocer y comprender las particularidades de las prácticas agrícolas en regiones específicas, así como los determinantes culturales y el nivel riesgo percibido por los protagonistas de tales prácticas. De esa comprensión, se desprende la oportunidad de diseñar y llevar a la práctica acciones que produzcan un cambio encomiable.
4. Son las personas que habitan en un territorio quienes están mejor facultadas para entender y compartir la mirada de quienes habitan en su comunidad.
5. Al involucrar a las comunidades en la identificación de las causas y efectos de las actuales prácticas agrícolas, se ponen a su alcance herramientas y metodologías para reunir y analizar información útil para la toma de decisiones.

Propuesta y Métodos: Irekani, paisajes lacustres y salud en Michoacán

El modelo de Ciencia Ciudadana de *Irekani* es un conjunto de estrategias de investigación-acción construidas de manera colaborativa con el objetivo de generar un diagnóstico de las prácticas agrícolas relacionadas al control de plagas, así como la percepción del riesgo inherente al uso de agroquímicos y los posibles impactos de estos sobre el ecosistema.

La ciencia ciudadana alude a proyectos de investigación científica que incluyen la participación consciente y voluntaria de ciudadanos, capacitados, guiados y encargados de generar gran cantidad de datos útiles a la investigación. Las innovaciones tecnológicas y la accesibilidad a la comunicación instantánea favorecen la participación del gran público en proyectos que incluyen ciencia ciudadana, y la ciudadanía se involucra en el estudio y atención de problemáticas actuales. El movimiento de Ciencia Ciudadana forma parte de las fuerzas sociales para el cambio, genera confianza entre los participantes y los encuestados, e impulsa la transparencia y la accesibilidad a la información científica, ya que los colaboradores recuperan datos e información que también analizan e interpretan.⁷

En la sociedad del riesgo es necesario profundizar en el análisis de los efectos colaterales y externalidades en el ambiente y promover la percepción de estos riesgos por parte de los ciudadanos. El riesgo y la percepción representan un estado particular entre el extremo del peligro o la amenaza de destrucción y el extremo opuesto de la seguridad y la certidumbre. El riesgo de los fenómenos antropogénicos es distinto a la percepción de ese riesgo, que es una categoría subjetiva y se presenta como una realidad de acciones cotidianas de ciudadanos conscientes y responsables. La percepción que el sujeto social forme sobre la amenaza determinará la actitud y las acciones que se adoptarán⁸

La premisa es que la percepción del riesgo es asumida por el individuo como una actividad social cotidiana y generalizada solamente cuando estos referentes fueron previamente construidos

⁷ Aislyng Irwin, "Citizen science comes of age", *Nature*, vol. 562, 25 Octubre de 2018, 481-482.

⁸ Saúl Chávez López, "El Concepto de Riesgo. Recursos Naturales y Sociedad", *Revista Digital de Divulgación Científica*, vol. 4, núm. 1 (México; 2018), 47.

en la conciencia e incorporados al modo de vivir⁹. La respuesta prudente del individuo está directamente relacionada con su percepción del riesgo, anteriormente adquirida -y referenciada en su conciencia- a la acción riesgosa por realizar¹⁰. Aquellos ciudadanos capaces de reconocer el riesgo ante potenciales amenazas a la salud y elaborar criterios de seguridad compatibles con una cultura democrática influyen de manera benéfica en el desarrollo de la vida social.

El modelo de Ciencia Ciudadana construido especialmente para el proyecto de investigación fue denominado *Irekani, Paisajes lacustres y salud en Michoacán*, se fundamentó en la percepción social de riesgo y tuvo como objetivo analizar, evaluar y prevenir los riesgos a la salud y al medio ambiente asociados al uso y exposición a los agroquímicos. Los destinatarios de la implementación de este modelo particular de Ciencia Ciudadana y de los resultados obtenidos fueron los habitantes de las comunidades rurales estudiadas, inmersos en las dinámicas agroindustriales predominantes en México.

La viabilidad de este proyecto reside no sólo en el gran potencial de la estrategia de ciencia ciudadana para registrar grandes cantidades de datos, sino también en el consecuente involucramiento de las comunidades en la identificación de los impactos de las actuales prácticas agrícolas y la formación de una mejor percepción del riesgo asociado a la exposición a agrotóxicos, lo que permite que los ciudadanos también participan y se involucran activamente en la remediación.

La implementación del modelo de Ciencia Ciudadana de *Irekani* se basó en la colaboración entre instituciones locales de educación superior, académicos, investigadores y estudiantes que participaron en el proyecto de investigación. Tres ejes sustentan el modelo de *Irekani*:

1. Selección y reclutamiento de Científicos Ciudadanos

En este proyecto, nos enfocamos en la formación de jóvenes ciudadanos, entre ellos estudiantes universitarios, que son quienes más cuestionan en la actualidad los modelos de producción y los paquetes agrotecnológicos adoptados desde hace varias décadas en México y Michoacán. Los jóvenes científicos ciudadanos participantes son residentes en las comunidades de estudio y conocen la localidad, a los agricultores entrevistados y cuentan con la confianza de sus vecinos y conciudadanos en las regiones de la Ciénega de Chapala y Pátzcuaro-Zirahuén.

⁹ Marcela Tamayo y Ortiz y Jaime Fernando Navia Antezana, "Reduced Lead Exposure Following a Sensitization Program in Rural Family Homes Producing Traditional Mexican Ceramics", *Annals of Global Health* vol. 84 núm. 2 (Boston, 2018), 290.

¹⁰ Milena Stanojlovic, "Percepción social de riesgo: una mirada general y aplicación a la comunicación de salud", *Revista de Comunicación y Salud* núm. 5 (Madrid, 2015), 103.

2. Capacitación y trabajo de campo.

De manera colaborativa se propusieron temas, técnicas, herramientas y consideraciones estratégicas para el desarrollo del módulo de Ciencia Ciudadana y se aprobó un plan de trabajo en las dos regiones de estudio. Se diseñaron las herramientas de investigación de campo y los instrumentos etnográficos destinados a conformar distintas bases de datos. Se localizaron, reclutaron e instruyeron personas de confianza para colaborar en la logística de apoyo necesaria en las diferentes comunidades de estudio, en ambas regiones. Se realizó una amplia logística de vinculación y gestión con autoridades municipales, comunales y ejidales en localidades de ambas regiones de estudio. Se diseñó e implementó el curso de formación de capital humano: los CC; además se asesoró, acompañó y supervisó al equipo de CC en la realización de entrevistas y el logro de los objetivos planteados. Se realizó registro de imagen, audio, geo-referencial y documental del trabajo de campo por parte de todo el equipo de CC. Una vez que los CC finalizaron la fase de entrevistas, se procedió a revisar, validar y confirmar los resultados de la información obtenida.

3. Recuperación y análisis de información

Para el presente proyecto se desarrolló una página web (Paisajes lacustres y salud en Michoacán) en la cual los científicos ciudadanos registraron, a través de una “Progressive Web App (PWA)”, la información recuperada durante su trabajo en campo. En esta PWA los colaboradores previamente capacitados, pudieron registrar la información relativa a cinco temas principales:

- características de las prácticas productivas;
- conocimiento y uso de medidas de protección durante el uso de pesticidas;
- la percepción de riesgo asociada al uso de estos agrotóxicos;
- situación de salud de los productores y sus familias;
- percepción de pérdida de biodiversidad y cambio del paisaje.

Gracias al trabajo de los CC fue posible reunir más de 100 mil datos registrados en más de 500 cuestionarios, que retratan la opinión de más de 400 agricultores que cultivan más de 2 mil hectáreas, en cuarenta comunidades de diez municipios en dos cuencas lacustres de Michoacán.

Los principales métodos de análisis utilizados son parte de los llamados métodos de Monte Carlo ¹¹, los cuales se utilizaron para determinar varios de los parámetros de las variables utilizadas, así como para el cálculo de las posibles correlaciones entre las variables. En particular esta metodología se utilizó para generar matrices de ponderación de riesgos/amenazas y establecer las escalas de medida para cada indicador. Dado que la vulnerabilidad es función de la exposición, la fragilidad y la capacidad de adaptación y respuesta, se propuso estimar la vulnerabilidad global en

¹¹ Rubinstein, Reuven Y. & Kroese, Dirk P, “Simulation and the Monte Carlo method”, John Wiley & Sons, Inc., Third edition, 2017. Averill M. Law, “Simulation Modeling and Analysis, Fifth edition”, Published by McGraw-Hill Education, 2015. Carl Graham & Denis Talay, “Stochastic Simulation and Monte Carlo Methods”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. Nick T. Thomopoulos, “Essentials of Monte Carlo Simulation”, Springer Science+Business Media New York 2013

función de estos tres factores a partir de métodos cualitativos (*What if*, Cuestionario de análisis de riesgos, Análisis de causa raíz) y cuantitativos (estadísticos descriptivos e inferenciales).

Se utilizaron distintas estrategias para el procesamiento de datos. Un aspecto relevante fue contar con una estructura/guía del tipo de información que se requiere conocer para cumplir con los objetivos del proyecto (a saber: cuáles son las repercusiones directas e indirectas de la presencia del glifosato sobre la diversidad y abundancia de especies endémicas y su efecto sobre la calidad de vida de las personas que habitan un territorio con el fin de determinar el nivel de vulnerabilidad que enfrentan las comunidades).

Una vez identificada la información requerida, fue necesario depurar y validar la información (datos registrados) con la que se contaba, lo que nos permitió posteriormente aplicar para algunos de ellos un análisis de componentes principales y estadística multivariada. Lo que se buscaba con esto era determinar y minimizar el número de variables a analizar que expliquen la información obtenida. Para ello se requirió hacer uso de un entendimiento de los datos y de la información específica vinculada al cumplimiento de los objetivos.

A partir de un análisis de componentes principales junto con los indicadores de interés seleccionados se identificaron las variables principales, a las cuales se les realizaron los estadísticos descriptivos básicos como media, moda, mediana, tipo de distribución, etc. Posteriormente se aplicaron análisis de varianzas y de tablas de contingencia, en búsqueda de correlaciones entre ellas¹². Esto se realizó con el fin de construir un modelo estadístico y probabilístico que permita generar indicadores de riesgo en base a la información obtenida para este estudio prospectivo y así poder generar un mapa de riesgo (por región) que permita vislumbrar las posibles acciones para la gestión de riesgos¹³.

Dentro de los aspectos clave de estos análisis figura la búsqueda de correlaciones entre los datos relativos a la presencia y abundancia de los posibles agentes químicos presentes en determinado territorio y los indicadores de salud, percepción de riesgo e impactos ambientales a fin de identificar una relación entre ellos. A partir de lo anterior se propone un modelo de distribución de riesgos en la población expuesta de manera general, sectorial e individual tomando en cuenta factores propios del área de los individuos y ambiente.

¹² J.C.W. Rayner D.J. Best, "A Contingency Table Approach to Nonparametric Testing", Taylor & Francis Group, 2001. Alan Agresti, "A Survey of Exact Inference for Contingency Tables". *Statistical Science*, 7(1), 131-153. 1992.

¹³ Susan R. Poulter, "Monte Carlo Simulation in Environmental Risk Assessment--Science, Policy and Legal Issues", 9 RISK 7, 1998.

Resultados

No habiendo información previa sobre los aspectos estudiados en estas regiones, y tratándose precisamente de un estudio prospectivo, se optó por obtener la mayor cantidad de información. Como se mencionó anteriormente, se generaron estadísticos descriptivos básicos como media, moda, mediana, tipo de distribución, para cada uno de los aspectos estudiados, y posteriormente se aplicaron análisis entre cada dos de las variables principales en búsqueda de correlaciones, seguido de un análisis multivariado de ellas con el fin de construir un modelo estadístico que permitiera situar a la población (por su frecuencia) en alguno de los niveles de impacto correspondientes a los indicadores de riesgo elegidos, y así estar en condiciones de generar un mapa de riesgo (por región) y, consecuentemente, identificar las acciones para la gestión de riesgos.

MAPA DE RIESGO POR REGIÓN

		Indicador	Ciénega de Chapala	Pátzcuaro-Zirahuén
Susceptibilidad biológica	1	Vulnerabilidad por edad	MEDIO	MEDIO
	2	Vulnerabilidad por Condición de Género	MEDIO	MEDIO
	3	Calidad de la dieta	BAJO	ALTO
	4	Clima	ALTO	MEDIO
Carencia social	5	Rezago educativo	ALTO	ALTO
	6	Carencia por acceso a los servicios de salud y seguridad social	ALTO	ALTO
	7	Cobertura de salud	ALTO	ALTO
	8	Carencia por acceso a agua potable y saneamiento	MEDIO	ALTO
Prevalencia de enfermedades	9	Percepción del aumento de personas enfermas en la comunidad	ALTO	ALTO
	10	Percepción del impacto del uso de agroquímicos sobre la salud	BAJO	BAJO
Manejo de plaguicidas	11	Legalidad	ALTO	MEDIO

	12	Nivel de información del peligro	MEDIO	ALTO
	13	Manejo del riesgo en la preparación del formulado	MEDIO	ALTO
	14	Manejo del riesgo en la aplicación del formulado	ALTO	ALTO
	15	Tiempo de exposición	MEDIO	MEDIO
	16	Nivel de toxicidad del producto	MEDIO	ALTO
Impactos a la biodiversidad	17	Presencia de especies benéficas	ALTO	ALTO
	18	Presencia de especies nocivas y/o invasoras	BAJO	MEDIO
	19	Vulnerabilidad por pérdida de servicios ambientales	ALTO	ALTO
Marco regulatorio	20	Existencia de un Programa o Plan Nacional, Estatal o Regional para el seguimiento de buenas prácticas en la agricultura	ALTO	ALTO
	21	Existencia de un registro estatal de los agroquímicos comercializados por región	ALTO	ALTO
Generación de recursos humanos	22	Financiamiento público de la detección oportuna	ALTO	ALTO
	23	Porcentaje de universidades que incluye toxicología	ALTO	ALTO
	24	Número de toxicólogos por 100 habitantes	ALTO	ALTO

Como puede apreciarse en la tabla la situación no es la deseable, pues la mayoría de los indicadores de riesgo sitúan a las poblaciones de ambas regiones en el nivel más alto de riesgo.

Discusión

La ciencia ciudadana es una herramienta valiosa y útil para evaluar las prácticas agrícolas e inculcar referentes para la percepción del riesgo por el uso de agrotóxicos. El proceso de aprendizaje y trabajo de campo construyó importantes referentes en los Científicos Ciudadanos para percibir el riesgo por el uso de agrotóxicos en las prácticas actuales del campo michoacano. Al finalizar el proyecto, en enero de 2022, resultaron 520 archivos de audio, parte de las bitácoras que acompañan la misma cantidad de cuestionarios realizados en papel y respaldados en la “Progressive Web App (PWA)”, de 26 Científicos Ciudadanos participantes en Irekani, en las dos regiones lacustres michoacanas incluidas en este trabajo. A continuación, algunas percepciones de los Científicos Ciudadanos al trabajar en este proyecto:

“La propuesta de ciencia ciudadana fue muy bien aceptada en mi comunidad. Es urgente atender las recomendaciones de las etiquetas en los botes de agroquímicos y acercar esta información sobre los riesgos asociados a su uso, para reconsiderar la adopción de técnicas

de cultivo más amigables con el medio ambiente y la salud de las personas. Me gustaría conocer más sobre temas de toxicología por exposición a los agroquímicos y aprender sobre los controles biológicos para las plagas de los cultivos.” Ana Cristina.

“Me resultó más complicado llegar a las áreas de cultivo, bastante alejadas de la localidad, fue necesario llegar caminando o pedir apoyo a los mismos entrevistados. La propuesta de ciencia ciudadana fue bien recibida porque los pobladores tienden a ser apáticos. Lo que más me sorprendió fue el manejo imprudente que se le da a los agroquímicos por parte de los mismos agricultores. Aprendí que siempre se puede ayudar a los demás y aprender en el proceso: día a día me encontré con conocimiento nuevo por parte de los investigadores del proyecto y de los productores agrícolas que entrevisté.” Carlos Eduardo.

“Lo más difícil fue acomodar los tiempos para que coincidan con los ratos libres de los entrevistados. Lo que más me sorprendió es que siendo enfermera y estando al tanto de muchas enfermedades autoinmunes, no me imaginaba que pudieran ser causadas por el uso y exposición a los agroquímicos. La propuesta de ciencia ciudadana fue muy bien recibida en la comunidad y espero que el proyecto continúe. Aprendí la relación entre el inadecuado uso de agroquímicos y las consecuencias terribles en la salud de las personas.” Cecilia Judith.

“Lo más difícil fue adaptarme al tiempo que me ofrecían los entrevistados. Lo que más me sorprendió fue el nivel de desinformación sobre el peligro a la exposición a los agroquímicos de las personas entrevistadas. Considero que la propuesta de investigación ciudadana fue recibida con mucho interés y los entrevistados tienen ganas de seguir formando parte del proyecto. La experiencia me dejó la satisfacción de compartir nueva información y conocimientos con las personas de mi localidad; en lo profesional, adquirí más conocimiento sobre agroquímicos y geofísica.” José de Jesús.

La información y los datos recolectados por los Científicos Ciudadanos fueron la base para establecer los mapas de riesgos y evaluar las prácticas agrícolas en dos regiones de Michoacán; además, las bitácoras de observaciones, registro fotográfico y grabaciones de audio amplían el panorama de los datos duros y permiten acercarse a las percepciones subjetivas de quienes viven y experimentan cotidianamente las dinámicas agrícolas, a merced de los riegos que acentúan las vulnerabilidades. A continuación, algunos relatos de los entrevistados extraídos de las grabaciones de audio de las entrevistas aplicadas por los Científicos Ciudadanos en ambas regiones de estudio:

Jorge, un joven de la región Ciénega de Chapala, trabaja el campo desde hace 15 años y cuida tres hectáreas junto a su papá. Cultivan cilantro, rábano, maíz y frijol, a cielo abierto y riegan con agua de pozo. Los agroquímicos y las semillas representan los mayores costos de inversión de sus cultivos, mientras que el mayor porcentaje de pérdidas en la producción lo atribuye a los bajos precios del mercado. Para obtener mejores precios por sus productos, éstos deben tener características específicas de tamaño; por ejemplo, los rábanos deben ser medianos y parejos. Las plagas más recurrentes en sus cultivos son los insectos y las bacterias que Jorge combate con agroquímicos, aplicándolos él mismo, a pie, con una mochila fumigadora. Usa Tamarón y Furadán, los prefiere por su eficiencia y los adquiere en la tienda del pueblo. Él mismo o su papá preparan los agroquímicos y siguen las indicaciones de otros agricultores para aplicarlos. Jorge identifica la

palabra PELIGRO en la etiqueta del envase del agroquímico, si comprende las indicaciones, pero no se protege; no usa guantes, ni lentes, mascarilla, botas o ropa especial porque no tiene y no le gusta. Conoce una persona que sufrió de intoxicación por agroquímicos en su localidad, pero a él no le ha pasado nada. Jorge aplica agroquímicos durante seis horas, una vez a la semana, ese día se cambia de ropa al final del día cuando después de bañarse. Quema los envases vacíos de agroquímicos, no ha tenido accidentes ni tiene problemas de salud y tampoco tiene seguro médico.

José, de la calle B. de las Casas, cultiva maíz desde hace más de 40 años y dice que sus costos de producción se han incrementado en los últimos años en la compra de semilla. Utiliza agua de riego y combate la plaga de un gusano, que llama ixticuil. No conoce el nombre de pesticida que aplica, considera que es muy efectivo porque mata todos los animales. José sabe que la etiqueta es roja pero como no sabe leer y no conoce su nombre. Cuando José compra pesticida en la tienda local, recibe asesoría sobre su aplicación y cómo prepararlo. No se protege para aplicar el pesticida. En cuestiones de salud, José considera que siempre está jodido, está enfermo de los riñones y tiene otros problemas de salud. Recuerda que cuando vivía en casa de su mamá, no existían tantas plagas en los cultivos y el suelo era más fértil, no le agregaban productos químicos a los cultivos.

Joaquín, de la calle Violeta, cultiva aguacate y confiesa que usa agroquímicos en grandes cantidades. Usa Karate, Malatión mil y Cipermetrina, además de fertilizantes foliares. Joaquín recuerda una vez que casi se envenena con uno de esos líquidos, el doctor lo regañó muy feo sobre la intoxicación que sufrió. También supo de una persona conocida de su pueblo que sufrió de envenenamiento con agroquímico y falleció. Joaquín cambió los cultivos de maíz para sembrar aguacate porque se paga muy bien; respecto del entorno natural donde vive y trabaja, Joaquín percibe que en los últimos años aumentó la cantidad de moscas y mosquitos en el ambiente.

Conclusiones, recomendaciones, trabajos futuros

"Existe insuficiente e inadecuada percepción del riesgo por parte de los productores agrícolas y de la población genera" fue la conclusión más evidente de los científicos ciudadanos. Por un lado, los productores están entre reconocer el riesgo e intentar protegerse, o definitivamente, minimizar los riesgos de exposición imprudente a los agroquímicos con argumentos diversos como "nunca me ha pasado nada", "llevo años haciéndolo así", o "es pura mentira". Por otra parte, los Científicos Ciudadanos, desde el principio perciben que existe un elevado nivel de riesgo al manejar y usar agroquímicos. La mayoría manifestó que los productores agrícolas, aunque conocían los riesgos "los toman a la ligera"; "no les dan importancia"; "no se cuidan ni protegen al aplicarlos".

Asimismo, gracias a la realización de entrevistas y el nivel de confianza que lograron algunos Científicos Ciudadanos con los productores encuestados, se enteraron de eventos de intoxicación y fundadas preocupaciones de algunos agricultores que dejaron claro que el principal problema es la poca e inadecuada información respecto a los peligros de la aplicación descuidada e inadecuada de los agroquímicos. La realidad es que pocas personas son las que leen y siguen las instrucciones y prevenciones contenidas en las etiquetas de los productos. En este sentido, una primera propuesta de esta etapa del proyecto es implementar programas de capacitación y sensibilización para mejorar la percepción de riesgo.

Es necesario conocer dónde está el riesgo y cuáles son sus niveles de impacto, así como los posibles involucrados y afectados: productores agrícolas, familia, niños, mujeres embarazadas y jóvenes en edad reproductiva, etc. Es fundamental incluir en la información de los agroquímicos los efectos a la salud humana, animal y ambiental. La sensibilización debe integrar a su vez, información sobre los riesgos inmediatos (intoxicación aguda), y los peligros por efectos secundarios o a mediano y largo plazo por acumulación (o intoxicación crónica).

El segundo nivel de análisis nos lleva a indagar sobre el papel de los sistemas de regulación y su efecto positivo o negativo en la salud social y ambiental. Los deberes y obligaciones de las instituciones de gobierno en los tres niveles de gobierno deben considerar de inmediato la adopción de medidas para frenar el uso de agrotóxicos y atender el problema de salud pública que han generado. Consideramos que, al menos, se deben mejorar y aumentar los mecanismos regulatorios, mismos que deben considerar estrategias de aplicación realista y medible. Sugerimos que el modelo de ciencia ciudadana es la estrategia adecuada para este tipo de estudios porque permite la presencia de monitores sociales directamente involucrados, quienes alimentan la base de datos, aportando alarmas y/o logros en el estado de salud humana y ambiental, en las regiones de importante productividad agrícola. Esta enorme labor implica desarrollar una estrategia de sensibilización institucional sobre manejo de riesgos en el uso de agrotóxicos, lo cual incide en la política pública del sector o los sectores involucrados.

El proyecto fue clave para identificar la falta de investigación que existe sobre este grave problema de salud social y evidencia los obstáculos para comunicar los resultados a los grupos más vulnerables. Es fundamental fortalecer esta área de conocimiento con infraestructura, recursos, y, sobre todo, con la generación de líneas de investigación estratégica para enriquecer el acervo de información sobre el tema, pero al mismo tiempo se debe garantizar que todos los resultados lleguen a los productores, a las instituciones de gobierno, a otros investigadores, a organizaciones de la sociedad civil, y a la población en general. De nada sirve seguir investigando si los riesgos y la exposición a los agrotóxicos se mantienen, y se incrementan los riesgos a la salud.

Esta iniciativa también representa una forma de ciencia ciudadana, donde queremos que la sociedad se asuma como un ente científico, interesado, curioso y entrometido en los asuntos que le conciernen y afectan directamente, sino que los científicos e investigadores formales se responsabilicen de regresar el conocimiento generado y aportar beneficios tangibles a la sociedad. Otra vez, de nada sirve generar información valiosa para los currículos y que esta no llegue a quien la necesita. De alguna manera hay que romper con la “visión mercenaria” de la investigación científica y reemplazarla por esquemas eficientes y transparentes para vincular los centros de investigación con la sociedad, en este caso el sector agrícola.

Tampoco debemos mantener la idea de “inventar el hilo negro”, mucho se ha realizado y, efectivamente, falta mucho por hacer. Los autores de este documento sugerimos:

- Atender las observaciones y recomendaciones previas emitidas por el Consejo Estatal de Ecología (Pronunciamiento de la Ciénega, R-097 COEECO), entre ellas:
 - Se instrumenten medidas efectivas para prohibir la venta y el uso de plaguicidas altamente tóxicos para las personas y para los polinizadores silvestres y abejas, comenzando por los más peligrosos y que han sido prohibidos en la UE.
 - Se mejore la conservación de los hábitats naturales alrededor de explotaciones agrícolas y se aumente la biodiversidad en los campos de cultivo.
 - Se aumente la financiación de la investigación, la atención y la formación de recursos humanos para atender los problemas de salud derivados de la intoxicación aguda o crónica por plaguicidas.
 - Se promuevan las prácticas agrícolas que benefician los servicios de polinización en los sistemas agrícolas.
 - Excluir de los apoyos y subsidios gubernamentales los compuestos químicos, pesticidas, y agroquímicos altamente tóxicos, y favorecer los insumos orgánicos para incentivar así la reconversión de la agricultura contemporánea, basada en agroquímicos, a una agricultura orgánica y sustentable.
 - Se mejore la conservación de los hábitats naturales alrededor de explotaciones agrícolas y se aumente la biodiversidad en los campos de cultivo incentivando a los productores para que elaboren sus propios insumos, reciclen subproductos, lleven a cabo la comercialización de sus productos sin intermediarios, diversifiquen y roten cultivos.
 - Se dé mayor impulso a las iniciativas locales de protección y restauración de los ecosistemas y la diversidad biocultural y se promuevan esquemas de corresponsabilidad social.

- Impulsar una investigación y política pública responsable que incluya al menos
 - Programa formal de sensibilización de riesgos por el uso de agrotóxicos.
 - Protocolos de salud que incluya desde el primer nivel (centros de salud, clínicas rurales, etc. la identificación y registro de los cuadros de salud con enfoque en agrotóxicos, esto debería ser para todos los trabajos que conlleven la exposición a materiales tóxicos. No perder de vista que en México hay un nivel de especialización en el trabajo por comunidades, encontrando así "comunidades alfareras"; "talabarteros"; "del cobre"; y por supuesto las agrícolas que desafortunadamente cada vez más se han alineado a la agroindustria con alta demanda de insumos peligrosos.
 - Infraestructura para la creación de bases de datos para su análisis y poder realizar gestión del riesgo más pertinente y sus evaluaciones.

Bibliografía

- Aislyng Irwin, "Citizen science comes of age", *Nature*, vol. 562, 25 Octubre de 2018, 480-482.
- Alan Agresti, "A Survey of Exact Inference for Contingency Tables". *Statistical Science*, 7(1), 131-153. 1992. <http://www.jstor.org/stable/2246001>
- Averill M. Law, "Simulation Modeling and Analysis, Fifth edition", Published by McGraw-Hill Education, 2015.
- Carl Graham & Denis Talay, "Stochastic Simulation and Monte Carlo Methods", Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- J.C.W. Rayner D.J. Best, "A Contingency Table Approach to Nonparametric Testing", Taylor & Francis Group, 2001.
- Marcela Tamayo y Ortiz y Jaime Fernando Navia Antezana, "Reduced Lead Exposure Following a Sensitization Program in Rural Family Homes Producing Traditional Mexican Ceramics", *Annals of Global Health* vol. 84 núm. 2 (Boston, 2018), 285-291.
- Milena Stanojlovic, "Percepción social de riesgo: una mirada general y aplicación a la comunicación de salud", *Revista de Comunicación y Salud* núm. 5 (Madrid, 2015), 96-107.
- Nick T. Thomopoulos, "Essentials of Monte Carlo Simulation", Springer Science+Business Media New York 2013.
- Rubinstein, Reuven Y. & Kroese, Dirk P, "Simulation and the Monte Carlo method", John Wiley & Sons, Inc., Third edition, 2017.
- Saúl Chávez López, "El Concepto de Riesgo. Recursos Naturales y Sociedad", *Revista Digital de Divulgación Científica*, vol. 4, núm. 1 (México, 2018), 32-52.
- Susan R. Poulter, "Monte Carlo Simulation in Environmental Risk Assessment--Science, Policy and Legal Issues", 9 *RISK* 7, 1998.
<https://scholars.unh.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1349&context=risk>