



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
INSTITUTO DE ECOLOGÍA

VULNERABILIDAD Y RESPUESTA AL CAMBIO GLOBAL

DIAGNÓSTICO DE ECOSALUD EN COMUNIDADES DE LA CUENCA
RÍO GRANDE DE COMITÁN- LAGOS DE MONTEBELLO, CHIAPAS,
CON ÉNFASIS EN EL USO Y MANEJO DE AGROQUÍMICOS

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA
SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
MARCELA CAMPOS LÓPEZ

TUTORA PRINCIPAL:
DRA. ANA CECILIA ESPINOSA GARCÍA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA

COMITÉ TUTORAL:
DRA. ASTRID SCHILMANN HALBINGER
INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
DR. ANDRÉS BAEZA CASTRO
ARIZONA STATE UNIVERSITY

REVISORES:
DRA. AYARI GENEVIVE PASQUIER MERINO
CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS
EN CIENCIAS Y HUMANIDADES
DR. OLOVER XAVIER LÓPEZ CORONA
COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA
BIODIVERSIDAD

CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CEP/PCS/181/22
Asunto: Asignación de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su sesión 74 del 9 de noviembre del 2021, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **Campos López Marcela** con número de cuenta **519009789** con la tesis titulada “Diagnóstico de ecosalud en comunidades de la Cuenca Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello, Chiapas, con énfasis en el uso y manejo de agroquímicos”, bajo la dirección de la Dra. Ana Cecilia Espinosa García.

PRESIDENTE: DR. OLIVER XAVIER LÓPEZ CORONA
VOCAL: DR. ANDRÉS BAEZA-CASTRO
SECRETARIA: DRA. AYARI GENEVIEVE PASQUIER MERINO
VOCAL: DRA. ASTRID SCHILMANN HALBINGER
VOCAL: DRA. ANA CECILIA ESPINOSA GARCÍA

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 21 de enero de 2022.



Dr. Alonso Aguilar Ibarra
Coordinador
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

“Globalmente, los mayores detonantes del cambio ambiental —cambio climático, globalización, urbanización, deforestación e intensificación agrícola— están afectando la salud humana y acumulando las desigualdades sociales y económicas entre los ricos y pobres del mundo entero”

Charron, 2014, p. 31.

Agradecimientos

Al **Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad** de la Universidad Nacional Autónoma de México por ofrecerme la oportunidad de continuar mi formación profesional y humana en un espacio tan diverso, sincrético, dialógico y desafiante.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Posgrado.

Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (**PAEP**), de la UNAM, por el soporte económico otorgado para la estancia académica en el Instituto de Salud Carlos III de España.

A la Dirección General de Asuntos del Personal (**DGAPA-UNAM**) y al Proyecto **PAPIIT IT200618**, por el financiamiento del estudio “Vulnerabilidad Socio-Ambiental del Río Grande-Lagos de Montebello, Chiapas, México”, realizado bajo la coordinación de la Dra. Marisa Mazari Hiriart del Instituto de Ecología.

A mi tutora principal Dra. Ana Cecilia Espinosa García, a los miembros del Comité Dra. Astrid Schilmann Halbinger y Dr. Andrés Baeza Castro por brindarme su guía y comentarios constructivos durante este proceso.

A la Dra. Marisa Mazari Hiriart por todo su apoyo, al Dr. Roberto Bonifaz Alfonzo, al Dr. Alonso Aguilar Ibarra, al Dr. Oliver López Corona y al Centro de Ciencias de la Complejidad de la UNAM por su solidaridad para con las y los estudiantes.

Al equipo de compañeras y compañeros del PSC con quienes compartí área de estudio y trabajo de campo, por su apoyo y retroalimentación.

Dedicatorias

A mi familia por todo su amor y apoyo.

A mis amistades por estar ahí cuando más las/los necesité.

A la M. en C. Fabiola Ramírez Corona, por creer y confiar en mis capacidades.

A mis profesoras y profesores del PCS, por sus enseñanzas, críticas y reflexiones.

A mí por el gran esfuerzo, dedicación y entrega para concluir exitosamente la maestría.

Al Dr. Marco Antonio Meraz Ríos del CINVESTAV unidad Zacatenco, quien por denunciar malos tratos dijo que yo NUNCA lograría finalizar un posgrado.

Dedico el presente documento a las personas que trabajan el campo, agricultores/as, campesinos/as, hortelanos/as... Esperando contribuir para que en un futuro -no muy lejano- sus condiciones laborales puedan ser más seguras en beneficio individual, colectivo y ambiental.

Contenido	Página
Resumen	1
Abstract	3
1. Introducción	5
2. Planteamiento del problema	
2.1. Cambio de uso de suelo	7
2.2. Uso de agroquímicos	8
2.3. Contaminación de agua	9
3. Justificación	10
4. Objetivos	
4.1. Objetivo general	12
4.2. Objetivos específicos	12
5. Marco teórico	
5.1. Ecosalud	13
5.2. Agroquímicos	18
5.2.1 Clasificación	19
5.2.2 Vías de exposición	21
5.2.3. Efectos en el ecosistema y el humano	21
5.3. Calidad de agua y peces	23
6. Área de estudio	24
6.1. Generalidades	25
6.2. Características socioeconómicas	26
6.2.1 Juznajib La Laguna, Comitán	28
6.2.2 El Triunfo, La Independencia	28
6.2.3 Tzisco, La Trinitaria	29
7. Método	30
7.1. Cualitativos	31
7.2. Cuantitativos	33
7.2.1 Cytoscape	33
7.2.2 Componente de percolado de borde	34
7.2.3 Calidad de agua y peces	36

8. Resultados	
8.1 Generalidades	37
8.2 Caracterización de agroquímicos	41
8.3. Fuentes y vías de exposición laboral-doméstica	45
8.3.1 Exposición laboral	45
8.3.2 Exposición doméstica	48
8.4. Percepciones	49
8.4.1 Salud humana	49
8.4.2 Ecosistema	53
9. Áreas de intervención integral	
9.1 Nivel global	59
9.2 Nivel local	62
9.2.1 Juznajib-La Laguna	62
9.2.2 Tzisco	64
9.2.3 El Triunfo	65
10. Discusión y conclusiones	66
11. Comentarios finales	76
12. Referencias	77
13. Anexos	87

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de enfoque ecosistémico	14
Figura 2. Diagrama del proceso de investigación con enfoque en ecosalud.....	16
Figura 3. Diagrama de clasificación de plaguicidas por su naturaleza química.....	20
Figura 4. Distribución de los plaguicidas en sistemas bióticos y abióticos.....	22
Figura 5. Mapa de la ubicación de la cuenca RGC-LM y las tres localidades de estudio.....	24
Figura 6. Diagrama de metodología mixta	31
Figura 7. Matriz de co-ocurrencia de variables por cada ejemplo.....	33
Figura 8. Área de parcelas cultivables por agricultor en Juaznajib-La Laguna.....	38
Figura 9. Área de parcelas cultivables por agricultor en El Triunfo.....	38
Figura 10. Área de parcelas cultivables por agricultor en Tzisco.....	39
Figura 11. Gráfica de agroquímicos empleados por localidad.....	41
Figura 12. Ejemplos de propaganda de agroquímicos.....	43
Figura 13. Agricultor fumigando sin protección.....	46
Figura 14. Abandono al aire libre de envases de agroquímicos en las parcelas de trabajo.....	47
Figura 15. Gráfica percepción locales y global de la afectación a la salud por uso de agroquímicos.....	49
Figura 16. Percepción global de salud en la cuenca RGC-LM.....	52
Figura 17. Gráfica de percepción de salud por localidad.....	53
Figura 18. Gráfica de percepción global y local de afectaciones al ecosistema por la utilización de agroquímicos.....	54
Figura 19. Gráfica de disposición global y local para la implementación de productos orgánicos en sustitución de agroquímicos sintéticos.....	57
Figura 20. Diagrama red de interacción de variables ponderadas.....	61
Figura 21. Diagrama red de interacción de variables ponderadas Juznajib-La Laguna.....	63
Figura 22. Diagrama red de interacción de variables ponderadas El Triunfo.....	64
Figura 23. Diagrama red de interacción de variables ponderadas Tzisco.....	65

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de plaguicidas por persistencia.....	20
Tabla 2. Cultivares principales por localidad.....	40
Tabla 3. Agroquímicos dominantes en la cuenca RGC-LM.....	42
Tabla 4. Síntomas crónicos de intoxicación por plaguicidas y herbicidas.....	50
Tabla 5. Efectos en la salud humana de los agroquímicos dominantes en la RGC-LM.....	51
Tabla 6. Efectos en el ambiente producidos por los agroquímicos dominantes en la RGC-LM.....	56
Tabla 7. Top 20 de variables globales más relacionadas entre sí.....	59
Tabla 8. Variables ponderadas de la red global.....	60
Tabla 9. Variables ponderadas de la red local Juznajib-La Laguna.....	62
Tabla 10. Variables ponderadas de la red local El Triunfo.....	64
Tabla 11. Variables ponderadas de la red local Tzisco.....	65

Resumen

Abordar la salud mediante un enfoque integral como el de Ecosalud, reconoce que esta es un fenómeno multifactorial, de interacciones entre los individuos y sus contextos, donde se considera la influencia y los vínculos existentes entre los elementos biológicos, sociales, económicos y estilos de vida. El objetivo del presente trabajo fue generar un diagnóstico de ecosalud con énfasis en el uso y manejo de agroquímicos en tres comunidades (Juznajib-La Laguna, El Triunfo y Tzisco) de la Cuenca Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello (CRGC-LM) Chiapas. Por dicha razón, la aproximación al tema se realizó mediante una metodología mixta (cuantitativa-cualitativa), en la cual se recabó información sobre la producción de alimentos, uso y manejo de agroquímicos, percepción de salud e impactos al ambiente, ictiofauna y calidad de agua. La CRGC-LM es de particular interés ya que en los últimos años ha presentado impactos negativos con relación a la cantidad y calidad de agua, los cuales han derivado de presiones por cambio de uso de suelo y actividades agrícolas principalmente, siendo las últimas, fuentes de contaminación difusa y estrechamente vinculadas a la modificación de comunidades ícticas y la eutrofización de cuerpos de agua. En la CRGC-LM, la prevalencia de intoxicaciones humanas por agroquímicos es alta, sin embargo, varía anualmente con tendencia al incremento. A la actualidad, el tema no se ha documentado específicamente entre los agricultores de la región.

El instrumento empleado para la caracterización de la producción de alimentos y el uso-manejo de agroquímicos fue una encuesta con entrevista semiestructurada, aplicada a agricultores mayores de edad mediante un muestreo a conveniencia en las localidades de Juznajib-La Laguna, Tzisco, y El Triunfo en el periodo 2018-2020. A través de observación pasiva en campo, se identificaron posibles fuentes o vías de exposición de los agricultores a fertilizantes y plaguicidas en el ámbito laboral y doméstico. La información obtenida del instrumento se analizó mediante estadística descriptiva y se tradujo a una matriz binaria tipo presencia/ausencia que incluye los datos de 49 participantes y 45 variables. Esta fue tratada como una matriz de co-ocurrencia analizada con el paquete cooccur en R; con los valores de probabilidad de co-ocurrencia se construyó una red de interacción que se analizó

en Cytoscape para determinar el nivel de importancia de las variables a través de medidas de centralidad con CytoHubba.

Se obtuvo que el 96% de los participantes emplea agroquímicos sintéticos, a nivel Cuenca los fertilizantes resultan ser el producto dominante, seguidos por los plaguicidas y herbicidas. Las sustancias mayormente aplicadas en la región son: glifosato, paraquat, cipermetrina, sulfato de amonio y urea, las dos últimas caracterizadas por su alto concentrado en nutrientes, que tienden a ser lavados mediante los procesos de escorrentía y generar amplios aportes de nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua. El resto de los químicos enlistados tienen efectos tóxicos directos sobre los ecosistemas acuáticos y polinizadores (abejas), además de que el glifosato es considerado como probable carcinogénico por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Cabe señalar que > 50% de los agricultores reconoce que el uso de estos productos perjudica de algún modo la calidad del suelo, el agua y la vida de los animales silvestres y/o domésticos. El 53% de los participantes considera que su salud es regular, sin embargo, la mayoría no establece relación directa de posible daño a su organismo por el uso de las sustancias, sino más bien el deterioro corporal y las enfermedades se asocian al envejecimiento. Las prácticas de preparación-aplicación de productos en campo y el almacenamiento de agroquímicos son la principal fuente de exposición laboral y doméstica. A través de la red de interacciones se puede concluir que, a nivel global en la Cuenca, las áreas de oportunidad para incidir en el uso-manejo seguro de las sustancias son: la bioseguridad, capacitación sobre agroinsumos, el conocimiento real de la toxicidad de las sustancias empleadas, la identificación de síntomas agudos y crónicos por el uso de agroquímicos, el monitoreo del porcentaje de Oxígeno Disuelto (OD%), pH y la riqueza ictiofaunística de los cuerpos de agua cercanos a las zonas de práctica agrícola, los cuales potencialmente representan *grosso modo* una aproximación a la calidad del agua. Las áreas de intervención varían ligeramente según cada localidad ya que depende de sus propias prácticas agrícolas y la actividad económica principal.

Palabras clave: *Ecosalud, agricultura, agroquímicos, toma de decisiones.*

Abstract

Addressing health through an integral approach such as Ecohealth, recognizes that it is a multifactorial phenomenon, of interactions between individuals and their contexts, where the influence and existing links between biological, social, economic and lifestyle elements are considered. The objective of the present work was to generate an ecohealth diagnosis with emphasis on the use and management of agrochemicals in three communities (Juznajib-La Laguna, El Triunfo and Tzisco) of the Rio Grande de Comitán-Lagos de Montebello Basin (CRGC-LM) Chiapas. For this reason, the approach to the subject was carried out through a mixed methodology (quantitative-qualitative), in which information was collected on food production, use and management of agrochemicals, health perception and impacts on the environment, ichthyofauna and water quality. The CRGC-LM is of particular interest because in recent years it has presented negative impacts in relation to water quantity and quality, which have derived from pressures due to land use change and agricultural activities, mainly the latter being sources of diffuse pollution and closely linked to the modification of fish communities and eutrophication of water bodies. In the CRGC-LM, the prevalence of human poisoning by agrochemicals is high, however, it varies annually with a tendency to increase. At present, the issue has not been specifically documented among farmers in the region.

The instrument used to characterize food production and agrochemical use-management was a survey with semi-structured interview, applied to farmers of legal age through convenience sampling in the localities of Juznajib-La Laguna, Tzisco, and El Triunfo in the period 2018-2020. Through passive observation in the field, possible sources or pathways of exposure of farmers to fertilizers and pesticides in the workplace and at home were identified. The information obtained from the instrument was analyzed using descriptive statistics and translated into a binary presence/absence type matrix including data from 49 participants and 45 variables. This was treated as a co-occurrence matrix analyzed with the `cooccur` package in R; with the co-occurrence probability values an interaction network was constructed and analyzed in Cytoscape to determine the level of importance of the variables through centrality measures with CytoHubba.

It was obtained that 96% of the participants use synthetic agrochemicals, at the Basin level fertilizers are the dominant product, followed by pesticides and herbicides. The substances most commonly applied in the region are: glyphosate, paraquat, cypermethrin, ammonium sulphate and urea, the last two characterized by their high concentration of nutrients, which tend to be washed away by runoff processes and generate large amounts of nitrogen and phosphorus in water bodies. The rest of the chemicals listed have direct toxic effects on aquatic ecosystems and pollinators (bees), in addition to the fact that glyphosate is considered a probable carcinogen by the World Health Organization (WHO). It should be noted that > 50% of farmers recognize that the use of these products in some way harms the quality of soil, water and the lives of wild and/or domestic animals. 53% of the participants consider that their health is regular, however, most of them do not establish a direct relation of possible damage to their organism by the use of the substances, but rather body deterioration and illnesses are associated with aging. The practices of preparation-application of products in the field and storage of agrochemicals are the main source of occupational and domestic exposure. Through the network of interactions it can be concluded that, at the global level in the Basin, the areas of opportunity to influence the safe use-management of substances are: biosafety, training on agro-inputs, real knowledge of the toxicity of the substances used, identification of acute and chronic symptoms due to the use of agrochemicals, monitoring of the percentage of Dissolved Oxygen (DO%), pH and the ichthyofaunal richness of the water bodies near the agricultural practice areas, which potentially represent a rough approximation of water quality. The areas of intervention vary slightly according to each locality as it depends on their own agricultural practices and main economic activity.

Key words: *Ecohealth, agriculture, agrochemicals, decision making.*

1. Introducción

La demanda actual de alimentos está aumentando a medida que las poblaciones crecen y ganan riqueza para comprar dietas más variadas, esto implica mayor competencia por la tierra, el agua, la energía y otros insumos para su producción (Garnett *et al.*, 2013). Cubrir significativamente esta demanda, ha conllevado a la aplicación masiva de agroquímicos (Sarandón y Flores, 2014), al uso de tecnologías de labranza y cultivares híbridos de baja diversidad genética; técnicas que fueron impulsadas desde la Revolución Verde para modernizar el campo globalmente (Sarandón y Flores, 2014; Pingali, 2012; Ceccon, 2008; Carpintero, 2005). En los últimos 50 años, el gasto mundial en plaguicidas para la actividad agrícola se triplicó -derivado de su incremento en implementación, aumento de precios, políticas públicas que los favorecen, entre otros-, y el uso de fertilizantes aumentó 10 veces (IAASTD, 2008).

Hoy en día, los medios de vida de más de 2.5 mil millones de personas en el mundo dependen de la agricultura (FAO, 2018), la cual, representa de un 50 a 70% de los ecosistemas terrestres en la mayoría de los países (Sarandón y Flores, 2014, IAASTD, 2008). En México, esta actividad ocupa alrededor del 73% del territorio nacional (FAO, 2020) y en el estado de Chiapas más del 88% (INEGI, 2007b).

El modelo agrícola de producción extensivo ha mostrado ser un sistema insostenible socioambientalmente hablando, ya que no está posicionada desde un criterio ético y de responsabilidad hacia la satisfacción de necesidades de las generaciones futuras, sino que está circunscrito a la inmediatez y a la obtención de ganancias económicas (Sarandón y Flores, 2014). Asimismo, ha conllevado a una fuerte erosión social y medioambiental (Carpintero, 2005). Erosión social en la medida en que se desvalorizan e invisibilizan estilos de agricultura, formas de desarrollo y conocimiento tradicional endógeno (entendido como la gama de conocimientos propios, de carácter empírico, transmitidos oralmente entre los agricultores/as) al margen de los estándares impuestos, así como el reemplazo del esfuerzo humano (Carpintero, 2005). Erosión medioambiental por la práctica extensiva y deterioro de suelos, uso de agroquímicos, reducción de biodiversidad, disminución de cobertura

vegetal, contaminación de aguas superficiales/subterráneas y la modificación o pérdida de servicios ecosistémicos (Sarandón y Flores, 2014; Sachs *et al.*, 2010; Carpintero, 2005; Toledo, 2005). Esta situación podría poner en riesgo el espacio operativo seguro en términos de condiciones biofísicas para el desarrollo humano en la actualidad y el futuro (Rockström *et al.*, 2009).

Dichas afectaciones del bienestar siguen siendo más evidentes en los grupos de pequeños agricultores, donde los índices de empobrecimiento y marginación de sus comunidades son altos (Sebby, 2010). La vulnerabilidad social contribuye a que se recurra al uso de ecosistemas deteriorados, contaminados o peligrosos como únicas opciones de espacio laboral o para la producción/obtención de alimentos, de forma tal, que se pone en riesgo la propia salud ante la exposición a organismos infecciosos, sustancias tóxicas y amenazas físicas (Charron, 2014). En 2015, la ONU publicó 17 objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar la prosperidad por igual, los denominó Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Algunos de los ODS se vinculan con la mejora en la gestión de los sistemas productivos, buscando la no afectación de ecosistemas y de la salud de las poblaciones humanas, es decir, procurar el medio ambiente para proteger a las personas (ONU, 2015).

Por lo tanto, es de relevancia estudiar la salud como un fenómeno de interacciones entre los individuos y los contextos, reconocer su naturaleza multifactorial, donde resulta imprescindible considerar las relaciones entre los elementos biológicos, medioambientales, sociales, económicos y de estilos de vida (Roa y Pescador, 2016; Charron, 2014; Villar, 2011), es decir, mediante un enfoque integral de ecosalud (Charron, 2014; Waltner-Toews *et al.* 2008; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

2. Planteamiento del problema

2.1 Cambio de uso de suelo

Existen diversos impulsores de modificaciones ambientales a nivel global, sin embargo, el cambio de uso de suelo es uno de los principales (Rockström *et al.*, 2009; Turner *et al.*, 2007; Naranjo *et al.*, 2007). Este puede originarse tanto por factores naturales como antropogénicos, que interactúan a distintas escalas (Carabias *et al.*, 2005). La conversión de la cobertura vegetal natural hacia otros tipos de uso del suelo, como el urbano o agrícola, frecuentemente impacta la integridad de los suelos, ya que facilita la compactación y erosión, impidiendo la infiltración de agua al acuífero; por lo tanto, se producen alteraciones en la recarga y consecuentemente, aumentan las tasas de escurrimientos superficiales (Alvarado-Velázquez, 2017; Baker y Miller, 2013), la escorrentía y el arrastre de sedimentos (González y Palacio, 2013). Los sedimentos pueden transportar nutrientes (i.e. nitrógeno, fósforo y carbono orgánico), contaminantes (i.e. plaguicidas, aceites) que provienen de distintas actividades económicas, y microorganismos, los cuales, potencialmente representan una fuente de contaminación difusa relevante para los sistemas acuáticos por sus efectos de degradación en los mismos (Alvarado-Velázquez, 2017; Schwarzenbach y Egli, 2010) y como precursores de afectación a la salud humana a través de la exposición directa o indirecta (Charon, 2014).

En la actualidad, la degradación global de las tierras perjudica a 2,6 mil millones de agricultores y afecta a 1,9 mil millones de hectáreas, lo que representa alrededor de un tercio de toda la tierra cultivable (IAASTD, 2008). Para México, el 45.2% de la superficie del territorio nacional muestra degradación ligera a moderada principalmente inducida por el humano (SEMARNAT, 2014). Entre las causas relevantes de degradación se identifican el cambio de uso del suelo para fines agrícolas y el sobrepastoreo (SEMARNAT, 2014), que contribuyen a la fragmentación de hábitat y pérdida de biodiversidad. En Chiapas más de 32 000 km² de su territorio se encuentra bajo algún tipo de actividad agrícola (INEGI, 2014).

2.2. Uso de agroquímicos

Mientras la utilización de los insumos agrícolas ha aumentado a un ritmo exponencial, la base de recursos naturales de los que depende la agricultura disminuye en forma concomitante (IAASTD, 2008). El uso desmedido de los plaguicidas ha causado contaminación de tierras y agua (superficial y subterránea) (Schwarzenbach y Egli, 2010; Schwarzenbach *et al.*, 2006), la modificación o pérdida de servicios ecosistémicos que estos recursos naturales prestan (Sarandón y Flores, 2014; Carpintero, 2005; Toledo, 2005), la reducción de la biodiversidad de especies no objetivo y la emergencia de plagas y vectores de enfermedades humanas resistentes a los plaguicidas (Charron, 2014). Asimismo, la exposición a los agroquímicos es uno de los riesgos laborales de la agricultura. Se estima que todos los años mueren 355 000 personas debido a intoxicación por plaguicidas (Charron, 2014).

El origen de la exposición humana a sustancias peligrosas puede ser por distintas vías: oral, inhalatoria o dérmica, así como a partir del consumo o contacto con alimentos, agua superficial o agua subterránea, sedimentos, polvo, suelo y aire que contienen elevados niveles de compuestos tóxicos (Barton & S.C., 2013; Rudel & Perovich, 2009). En el ámbito ocupacional hay una alta absorción dérmica de estos productos, además de las vías oral e inhalatoria (Riccioppo, 2011). Durante el 2018, en el país se reportó que 16 de las 32 entidades federativas presentaron una tasa de incidencia de intoxicación por plaguicidas dentro de las categorías media a muy alta (CENAPRED, 2019), siendo estas ponderaciones diferenciadas entre la población femenina y masculina en cada estado. Para Chiapas la condición prevalente de intoxicación fue alta (CENAPRED, 2019). El problema de las intoxicaciones por agroquímicos se potencia ante la falta de equipo adecuado para su manejo, protección y aplicación (FAO, 1997).

La agricultura juega un papel preponderante en la salud de las y los agricultores, sus familias y la población en general, una buena gestión de estos sistemas es necesaria para lograr beneficios que impacten la sustentabilidad ambiental, la salud y la equidad social (Charron, 2014).

2.3. Contaminación del agua

El agua es uno de los recursos más importantes para la manutención de la vida, de ecosistemas, la biodiversidad y del sistema socioeconómico (PNUMA, 2004), los seres humanos dependemos de su disponibilidad no solo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales (SEMARNAT, 2015). México está catalogado con disponibilidad heterogénea de agua y cuenta con diversos ecosistemas acuáticos continentales distribuidos a lo largo del territorio (CONABIO, 2006).

Específicamente el estado de Chiapas alberga 30% de los recursos hídricos del país y su actividad económica principal es la agricultura (INEGI, 2007a). La cuenca del Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello (CRGC-LM) forma parte de los municipios Comitán de Domínguez, La Independencia, La Trinidad y Las Margaritas, correspondiente a la región hidrológica Frontera Sur, etiquetada como una de las regiones hidrológicas prioritarias y posee una clasificación AAB (Regiones de alta biodiversidad) (CONABIO, 2006), la cual abarca 8% del territorio chiapaneco (SEMAHN, 2012).

Esta cuenca ha presentado impactos negativos en los últimos años con relación a la cantidad y calidad de agua, los cuales han derivado de presiones por cambio de uso de suelo y actividades agrícolas principalmente (Alvarado-Velázquez, 2017; Juárez, 2014; CONAGUA, 2009), convirtiéndola en una de las más contaminadas a nivel nacional (Escobar, 2002). Aunado a ello, la geología tipo kárstica de la CRGC-LM, representa un riesgo potencial para el sistema acuático debido a la alta porosidad y permeabilidad de las rocas, lo que favorece la transferencia de agua y materia orgánica desde la superficie a los conductos subterráneos (Mora, Bonifaz y López- Martínez, 2016).

3. Justificación

El deterioro ecológico representa una seria amenaza para la salud de todos los seres vivos y su co-ocurrencia ha aumentado (Charron, 2014). Los peligros ambientales como el agua no potable, el saneamiento inadecuado, la mala calidad del aire, los riesgos laborales, la contaminación por sustancias y los ambientes no gestionados o gestionados en forma precaria -como sucede en algunos campos agrícolas-, influyen en la mayoría de las enfermedades (Prüss-Üstün y Corvalán, 2006). Por lo tanto, la salud obedece a un conjunto de relaciones entre los individuos y el contexto donde se desenvuelven, refleja la estrecha interacción que existe entre los factores biológicos, medioambientales, sociales, económicos y de estilos de vida; es decir, muestra ser un fenómeno integral (Roa y Pescador, 2016; Charron, 2014; Villar, 2011). Esta noción multifactorial de la salud es abordada mediante el enfoque de ecosalud (Charron, 2014; Waltner-Toews *et al.* 2008; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

Para aproximarse *in extenso* al fenómeno que acontece en la Cuenca Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello, la ecosalud es un puente que permite analizar la dinámica salud-ambiente y prácticas agrícolas, puesto que se superan algunas limitaciones de los enfoques científicos-tecnológicos tradicionales para entender a los sistemas socioecológicos y denota la importancia de habilitar procesos de aprendizaje constructivo entre investigadores de diferentes disciplinas y actores de fuera de la academia (Lang *et al.*, 2012). De este modo, es posible dilucidar pautas para comprender la forma en la cual las personas usan e impactan los ecosistemas, cómo favorecer la creación-proposición de estrategias/alternativas más saludables y sustentables para los medios de vida (Charron, 2014).

A la actualidad, no se ha generado investigación relativa a salud sobre los medios de vida agrícolas en la CRGC-LM, pese a la evidencia abundante sobre el enriquecimiento de nutrientes en sus cuerpos de agua derivados principalmente del cambio de uso de suelo

agrícola y los aportes de aguas residuales en la región (Espinosa-García, 2018; Barajas, 2017; Alvarado-Velázquez, 2015).

Ante esta situación, el presente trabajo tuvo como objetivo generar un diagnóstico de ecosalud en tres comunidades de la Cuenca Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello, Chiapas, con énfasis en el uso y manejo de agroquímicos. Para ello se dio respuesta a la pregunta:

¿Cuál es la relación de ecosalud existente entre el manejo y uso de agroquímicos con el estado de los ecosistemas acuáticos y la percepción de salud de los agricultores en comunidades de la Cuenca Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello, Chiapas?

Para abordar la temática son consideradas las siguientes hipótesis:

1. La percepción de riesgo para la salud asociada al uso y manejo de agroquímicos es baja y diferenciada entre comunidades.
2. Los sitios con mayor degradación ambiental presentan percepción menor de buena salud por cuenta de los agricultores.
3. El uso y manejo indiscriminado e intensivo de agroquímicos influyen en la degradación ambiental (disminución de riqueza ictiofaunística y menor calidad de agua).

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Generar un diagnóstico de ecosalud con énfasis en el uso y manejo de agroquímicos en tres comunidades de la Cuenca Río Grande de Comitán, Chiapas.

4.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar el uso de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas en la zona de estudio.
2. Identificar posibles fuentes o vías de exposición laboral y doméstica ante el uso y manejo de agroquímicos.
3. Sistematizar las percepciones de los agricultores sobre salud humana y del estado del ecosistema ante el uso de agroquímicos.
4. Identificar áreas de intervención para contribuir a un uso y manejo seguro de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas.

5. Marco teórico

5.1 Ecosalud

Los enfoques Ecosistémicos para la Salud Humana (o ecosalud) lograron amplio desarrollo a partir de 1996. Se han nutrido con aportes de las ciencias naturales como de las ciencias sociales (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997). Existen diversas escuelas del pensamiento asociadas a ecosalud, el presente trabajo se basó en la visión del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC, por sus siglas en inglés) de Canadá, que está influenciada por los trabajos de Gilles Forget (1997), y de Gilles Forget y Jean Lebel (2001), donde el marco permite el estudio de la salud no solo a través de la 'salud probada u observada' (Bustos-Vázquez, *et al.*, 2017), lo cual resulta de gran utilidad cuando las poblaciones de interés se encuentran asentadas en sitios que carecen de registros formales de salud.

Para el IDRC, el enfoque ecosistémico surge en un contexto de esfuerzo internacional con el propósito de resolver problemas de salud a partir de la asociación de las actividades humanas con los ecosistemas, favoreciendo una mejor gestión ambiental y de los recursos naturales para no comprometer a las generaciones futuras (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997), tema neurálgico en las ciencias de la sostenibilidad. El objetivo es desarrollar intervenciones (acciones o cambio en las condiciones) que sean ambientalmente sustentables y de base comunitaria para mejorar la salud, por dicha razón, no refiere un marco o metodología específica (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001), lo que en principio también puede representar una limitación, sin embargo, ello no implica carencia de rigurosidad en el proceso investigativo y reconoce la diversidad de situaciones y condiciones de cada contexto. En este enfoque se admite que las interacciones complejas y dinámicas entre factores determinantes, las personas, la dimensión socioeconómica y ecológica, impactan en la salud y el bienestar (Fig. 1), así como las actividades humanas en la naturaleza (Charron, 2014; Lebel, 2003).

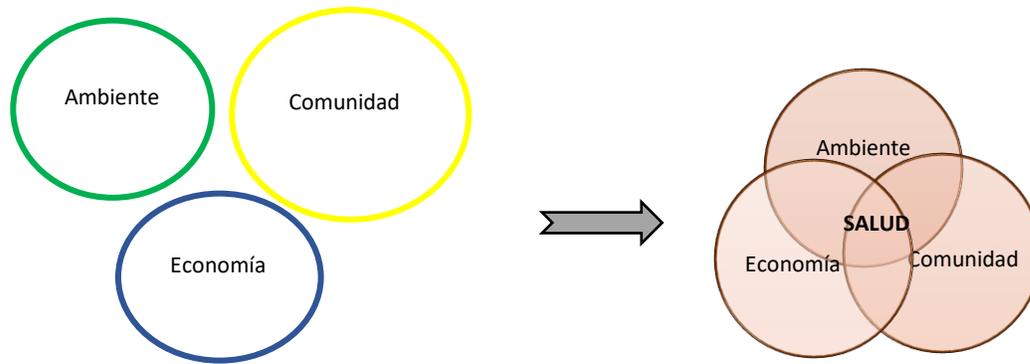


Figura 1. El enfoque ecosistémico brinda la misma importancia a la gestión ambiental, los factores económicos y las aspiraciones de la comunidad. Traducido de Lebel, 2003.

La ecosalud se basa en seis principios: 1) Pensamiento sistémico, 2) Transdisciplinariedad, 3) Participación de múltiples actores, 4) Equidad, 5) Sustentabilidad y 6) Evidencia para las intervenciones, sin embargo, la investigación en este campo no necesariamente tiene que abarcarlos en conjunto (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997), para este trabajo se retomaron los principios 1, 4 y 5 ya que se consideraron los de alcance más inmediato en función del periodo de investigación.

Principio 1: pensamiento sistémico

Enmarcar el problema socioecológico a partir de diferentes dimensiones (i.e. ecológica, sociocultural, económica y de gobernanza). Asimismo, se delimita, define su escala y sus dinámicas. La investigación desarrollada a partir del pensamiento sistémico puede conducir a cambios en materia de políticas y prácticas (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

Principio 2: investigación transdisciplinaria

Este ejercicio involucra la integración de metodologías y herramientas de investigación entre disciplinas e incluye perspectivas y saberes no académicos. Integra y fomenta la participación de actores no científicos en el proceso (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

Principio 3: participación

La participación de los actores contribuye a la generación de conocimiento y a potencialmente mejorar las acciones de intervención (vinculadas o no en la investigación), de igual manera, permite la identificación de barreras al cambio y ofrece medios para negociación (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

Principio 4: sustentabilidad

La sustentabilidad (ecológica y social) es parte del cambio que se procura a través de la investigación y acción de ecosalud (Waltner-Toews *et al.*, 2008; Soskolne *et al.*, 2007). Apunta al logro de cambios éticos, positivos y duraderos; es decir, que sean social y culturalmente responsables y apropiados, así como también fácilmente sistematizados. En ésta es relevante la adopción y uso de los resultados de la investigación para que se logre el cambio deseado. Mejorar los modos de vida y las condiciones económicas con atención inadecuada a las desigualdades ambientales y sociales puede poner en riesgo la salud y volverse no sustentable en el transcurso del tiempo (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

Principio 5: equidad social y de género

Un enfoque ecosistémico para la salud aborda de forma explícita las condiciones de desigualdad e injusticia que hacen vulnerable la salud y bienestar de las mujeres y otros grupos desprotegidos de la sociedad. Las diferencias se reflejan en su relacionamiento con los ecosistemas, su exposición a diferentes riesgos para la salud, su condición sanitaria y sus metas en cuanto a bienestar. En ecosalud se asumen dimensiones éticas al orientarse hacia la reducción de la inequidad. La inequidad es la base de muchas de las actuales enfermedades del mundo derivadas de la degradación ambiental (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997).

Principio 6: del conocimiento a la acción

El conocimiento de la investigación es empleado para mejorar la salud y el bienestar a través de un medio ambiente renovado. Las intervenciones, las acciones y los cambios que surgen a partir de la investigación de ecosalud involucran a múltiples sectores, agencias y actores. Es recomendable generar procesos formales en materia de políticas y marcos legales para lograr cambios de mayor alcance y permanentes que aseguren un futuro más sustentable (Soskolne, 2007). La incidencia en políticas y el cambio son elementos importantes para lograr el éxito de trasladar los resultados de la investigación a la acción (Charron, 2014; Lebel, 2003).

El proceso de investigación que emplea un enfoque ecosistémico integra generalmente 4 fases principales, las cuales interactúan entre sí (Charron, 2014) (Fig. 2). En este trabajo se encuentran reflejadas las tres primeras. A pesar de que no hay un orden en específico, el ejercicio investigativo tiende a iniciar con el *diseño participativo* o convencional (desde un parámetro más académico-tradicional) según sea el caso.

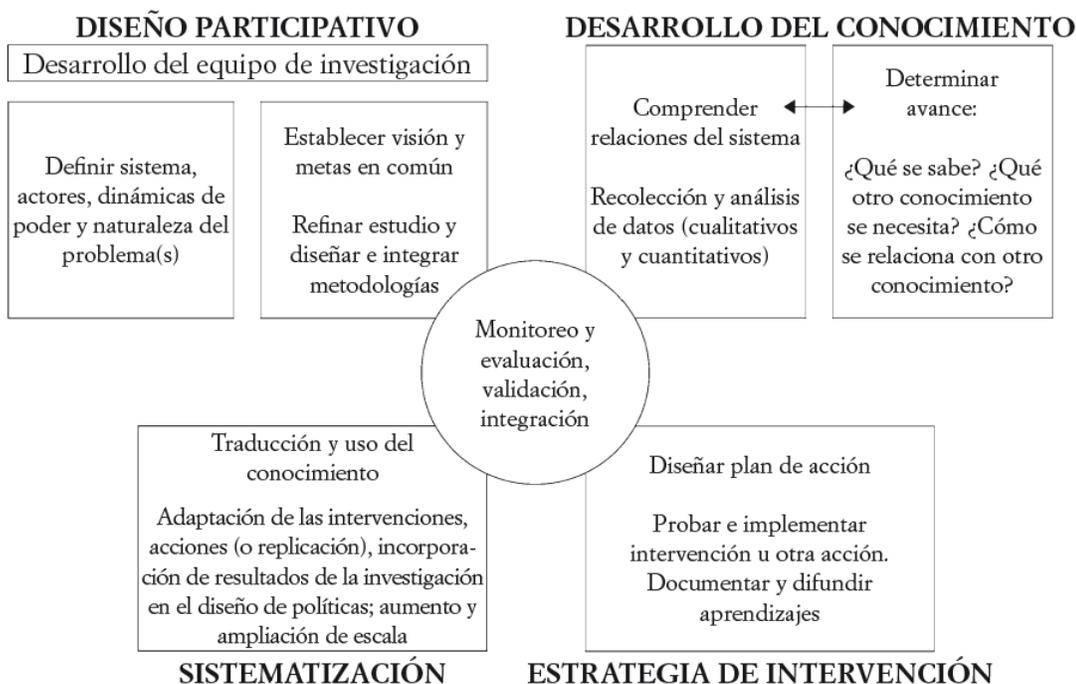


Figura 2. Proceso de investigación con enfoque en ecosalud. Recuperado de Charron, 2014.

Fase de diseño participativo

En esta etapa del proceso se organiza el equipo de investigación, es planteado el marco de ecosalud y los actores son mapeados. En pocas ocasiones, el diseño surge de un proceso académico más convencional (Charron, 2014).

Fase de desarrollo del conocimiento

Durante esta fase, se desarrollan y prueban los instrumentos de la investigación, hay integración entre disciplinas, es realizado el levantamiento de datos, y se aplican análisis sociales y de género. Esto aporta información a una nueva forma de entender el comportamiento del sistema y las razones del problema. La investigación puede ser rediseñada o pueden agregársele nuevos componentes (Charron, 2014).

Fase de la estrategia de intervención

Describe un periodo de actividades que apuntan a lograr un cambio. Comienza una vez que se ha adquirido y validado suficiente conocimiento como para desarrollar un plan de acción, o al menos para comenzar a probar varias ideas de intervención. El comportamiento del sistema a partir de las intervenciones enriquece el conocimiento (Charron, 2014).

Fase de sistematización

El conocimiento adquirido a partir de la investigación y acción se aplica a escala más amplia. Podría haber oportunidades de probar y aplicar el conocimiento y replicar intervenciones en otros contextos. Apelar a cambios en materia de políticas o nuevos programas con base en las evidencias de la investigación. Se pretende que el conocimiento generado por la investigación de ecosalud sea utilizado por las comunidades locales y aquellos que elaboran políticas a escala local y más amplia (Charron, 2014).

5.2 Agroquímicos

5.2.1 Generalidades

Agroquímico/agrotóxico es uno de los términos empleados para referirse a las sustancias o productos químicos de uso común que son empleados en la producción de alimentos para favorecer y mejorar el desarrollo de cultivos e incrementar la producción de estos, incluye plaguicidas, aditivos nutricionales (fertilizantes), medicinas veterinarias y compuestos relacionados (PRC, 2020; Guzmán-Plazola *et al.*, 2016). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), los plaguicidas son compuestos químicos cuyo uso en la agricultura es para erradicar plagas, incluyendo especies vegetales, hongos y animales indeseables que puedan dañar los cultivos, el almacenamiento, transporte, distribución y la elaboración de alimentos (FAO, 2020; OMS, 2017). Los fertilizantes son “cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P₂ O₅, K₂O)” (FAO, 2002, p. 33-34), su función es enriquecer el suelo y aumentar la oferta de nutrimentos para las plantas y cultivos (FAO, 2002). Su uso en exceso está asociado a la salinización de tierras de cultivo, así como a la eutrofización de aguas debido a los aportes de N, P₂ O₅, K₂O (Pedrozo-Acuña & Ramírez-Salinas, 2020).

Los plaguicidas son potencialmente tóxicos para otros organismos vivos - incluyendo al humano- debido a su naturaleza química, por lo tanto, deben ser usados de manera segura y desechados apropiadamente (OMS, 2017). En las últimas dos décadas, se incrementó la implementación de plaguicidas en los países en vías de desarrollo (OMS, 2018; Madeley, 2002), dicha situación se acompaña de un uso inadecuado, de desconocimiento de los daños a la salud, al ambiente y a la falta de investigaciones sobre sus efectos generalizados (Hernández *et al.*, 2007). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el 99% de las intoxicaciones agudas en actividades agrícolas se debe al uso de estas sustancias, ya sea por contacto directo o indirecto, problema que se incrementa ante la falta de equipo adecuado para su manejo, protección y aplicación (FAO, 1997).

La población económicamente activa del sector agrario tiene mayor exposición, dado que utiliza el 85 % de este tipo de productos a nivel global (Altamirano *et al.*, 2004). Ante la presente situación, surge la necesidad de transitar hacia alternativas de producción alimentaria menos agresivas en su impacto socioambiental y que éstas a su vez generen mejores condiciones de vida (Lohman, Sankaranarayanan & Ashby, 1992; OMS, 1992a).

5.2.2 Clasificación

Existen diversas maneras de clasificar a los plaguicidas: por su naturaleza química, carcinogenicidad, función, especies plaga objetivo, toxicidad, etc. (IARC, 2017; Eldrige, 2008). Para generar la caracterización de productos, en el presente trabajo se retomó la naturaleza química de los plaguicidas, debido a que es quien les confiere las propiedades que influyen en el ambiente y de ella depende su persistencia¹ (Tabla 1), vida media² (Tabla 1) y destino ambiental en diferentes matrices como agua, suelo, aire y biota (Linde, 1994). Bajo esta categoría, se distinguen dos grandes grupos de plaguicidas: los naturales y los sintéticos (Diagrama 1).

A pesar de no ser la clasificación por emplear, merece la pena referir que la toxicidad de estas sustancias se mide a través de la dosis letal media (DL50)³ o de la concentración letal media (CL50). Ambos parámetros varían según múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo, granular, etc.), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, el sexo, etc. (López-Carillo, 1993).

¹ Capacidad de una sustancia o un compuesto de permanecer en un sustrato del ambiente particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó.

² Tiempo necesario para que se degrade la mitad del compuesto o mezcla aplicada.

³ DL50 es la estimación estadística de la cantidad de una sustancia tóxica (mg/kg) por peso corporal, necesaria para matar al 50% de animales de experimentación (usualmente ratas de laboratorio) en los que se ensaya el efecto letal de la sustancia, administrándola por vía oral o dérmica, durante un período de tiempo determinado y seguimiento en un período postexposición. Cuando la exposición a la sustancia tóxica es a través del aire o el agua se le llama CL50 y se expresa en mg/L.

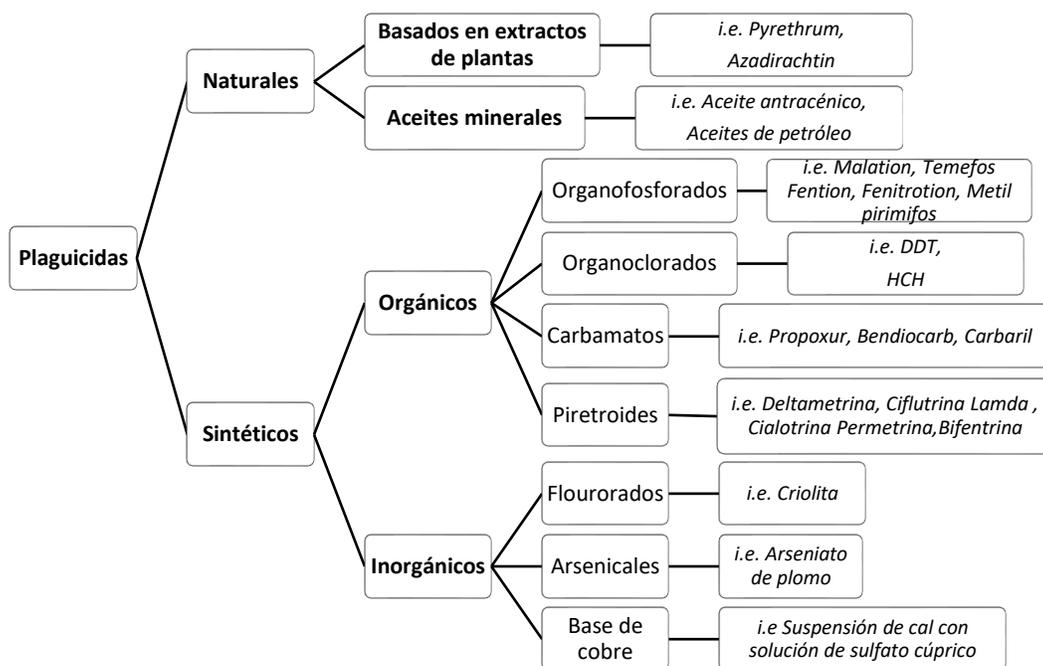


Figura 3. Clasificación de plaguicidas por su naturaleza química. Elaboración propia modificado de Borello, 2019.

Tabla 1. Clasificación de plaguicidas según su persistencia con base en Borello, 2019.

Tipo de plaguicidas	Persistencia	Vida media	Ejemplos
Naturales y sintéticos	No persistente	Días – 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrin
	Moderadamente persistentes	1 – 18 meses	Paratión, Iannate
	Persistentes	Varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
	Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

5.2.3 Vías de exposición

El contacto a través de agua superficial o subterránea, alimentos, sedimentos, polvo, suelo y aire que contienen elevados niveles de compuestos tóxicos son el principal origen de la exposición humana a sustancias peligrosas (Arce, 2018; Barton & S.C., 2013; Rudel & Perovich, 2009). Estas pueden ingresar al cuerpo humano por tres vías: oral (ingestión), respiratoria (inhalación) o dérmica (Damalas & Eleftherohorinos, 2011).

En la agricultura, el contacto se puede dar a través de la piel (manipulación de productos plaguicidas sin debida protección), inhalación (respiración de polvo o pulverizaciones e ingestión durante la preparación o aplicación) y consumo a través de los alimentos (peces, cultivos, etc.) o del agua (FAO, 1997). Determinar los patrones de distribución e identificación de posibles fuentes son elementos imprescindibles para poder establecer medidas que prevengan o mitiguen el riesgo de exposición (Miglioranza *et al.*, 2013; Ramírez & Lascaña, 2001).

5.2.4 Efectos en ecosistemas y el humano

Los plaguicidas pueden llegar a los ecosistemas a través de distintas vías: a partir de aplicaciones directas en los campos de cultivo agrícola, por el lavado o uso inadecuado de tanques contenedores o bombas, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados/dispuestos en el suelo o cuerpos de agua, derrames accidentales, el uso inadecuado general de los mismos productos por parte de la población, entre otros (Grovermann *et al.*, 2016; Del Puerto *et al.*, 2014; Aktar *et al.*, 2009). Los restos de esas sustancias se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas bióticos (animales y plantas principalmente) y abióticos (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad, calidad y representando un peligro de salud pública (Del Puerto *et al.*, 2014; Charron, 2014). Factores como el clima, la geomorfología de los suelos, las condiciones hidrogeológicas y meteorológicas de las zonas, definen la ruta que siguen los plaguicidas en el ambiente (RAP-AL, 2007). Sus principales afectaciones son daños a la biodiversidad,

mortandad de aves, mamíferos, peces e insectos -destacando los polinizadores- y plagas más resistentes (Charron; 2014; Pérez & Aguilar, 2012).

Cuando los plaguicidas ingresan en las cadenas alimentarias se distribuyen a través de ellas (Figura 4), se concentran en cada nicho ecológico y se bioacumulan sucesivamente hasta que alcanzan una concentración letal para algún organismo constituyente de la cadena, o bien hasta que llegan a niveles superiores de la red trófica (Del Puerto *et al.*, 2014; Cremlyn, 1990).

Los plaguicidas tienen efectos agudos y crónicos en la salud humana. Los agudos están asociados a intoxicaciones con exposición de corto tiempo (irritación de mucosas, piel, tos, etc.) y tiene efectos sistémicos o localizados, y los crónicos (daños renales, hepáticos, pulmonares, etc.), son manifestaciones o patologías vinculadas a la exposición a bajas dosis por largo tiempo (Puerto *et al.*, 2014; Ferrer, 2003). Un plaguicida dado tendrá un efecto negativo sobre la salud humana cuando el grado de exposición supere los niveles considerados seguros (Puerto *et al.*, 2014). Es importante mencionar que, al confluir los factores biológicos, sociales y psicológicos, se constituye también la autopercepción de la salud, que corresponde a una evaluación única e inestimable del estado general de salud mediante una concepción individual y subjetiva, la cual, no necesariamente coincide con la salud 'probada' (a través de estudios de laboratorio) y/o 'observada' (a partir de la revisión médica) (Bustos-Vázquez, *et al.*, 2017).

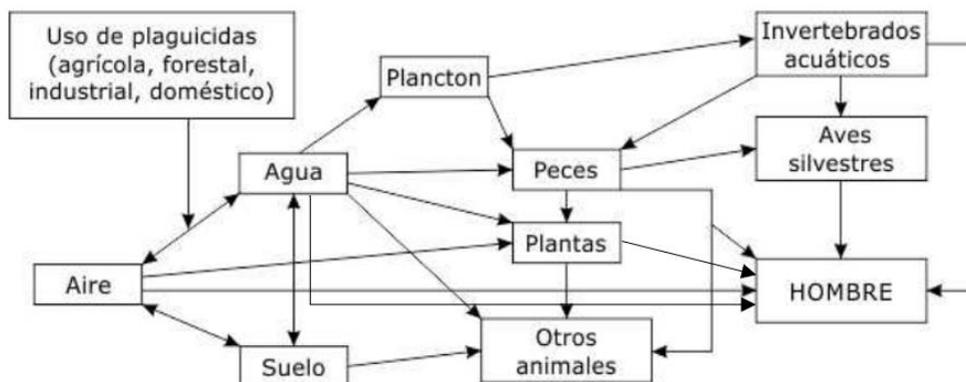


Figura 4. Diagrama de distribución de plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos. Modificado de Cremlyn, 1990.

5.3. Calidad del agua y peces

Los cuerpos de agua continentales, costeros o marinos presentan características fisicoquímicas y biológicas a las que comúnmente se les denomina calidad del agua. Estas permiten la existencia saludable de organismos vivos; sin embargo, dados algunos procesos naturales y diversas actividades antropogénicas, la calidad es variable y se torna determinante para las especies sensibles, convirtiéndolas en bioindicadores (De la Lanza-Espino & Hernández-Pulido, 2014; Velázquez-Velázquez & Vega-Candeja, 2004). Los peces son considerados una herramienta para monitorear, caracterizar y definir la calidad del agua en ríos y lagos (Ibarra, 2005; Minns *et al.*, 1994). La co-ocurrencia de ictiofauna exótica o invasora y contaminación, es bastante común, fenómeno que, en sitios prístinos, conservados o no intervenidos por el humano, es casi imposible de expresarse (Velázquez-Velázquez & Vega-Candeja, 2004), ya que, en principio e idealmente, el nicho estaría ocupado por peces nativos y endémicos.

La implementación del monitoreo de ictiofauna resulta menos costosa en comparación de las mediciones de parámetros fisicoquímicos y provee información integrativa (De la Lanza-Espino & Hernández-Pulido, 2014). Además de los ejemplos citados con anterioridad, otras razones que destacan al emplear a los peces como indicadores son: representan organismos relativamente fáciles de capturar e identificar, existe amplia información sobre las historias de vida de muchas especies, las comunidades generalmente comprenden una gran variedad de especies que representan diferentes niveles tróficos, son los organismos mejor conocidos de estos hábitats tanto por la sociedad como por los científicos y están presentes en los pequeños cuerpos de agua, aun así en aquellos ecosistemas con ciertos niveles de contaminación (Velázquez-Velázquez & Vega-Candeja, 2004).

6. Área de estudio

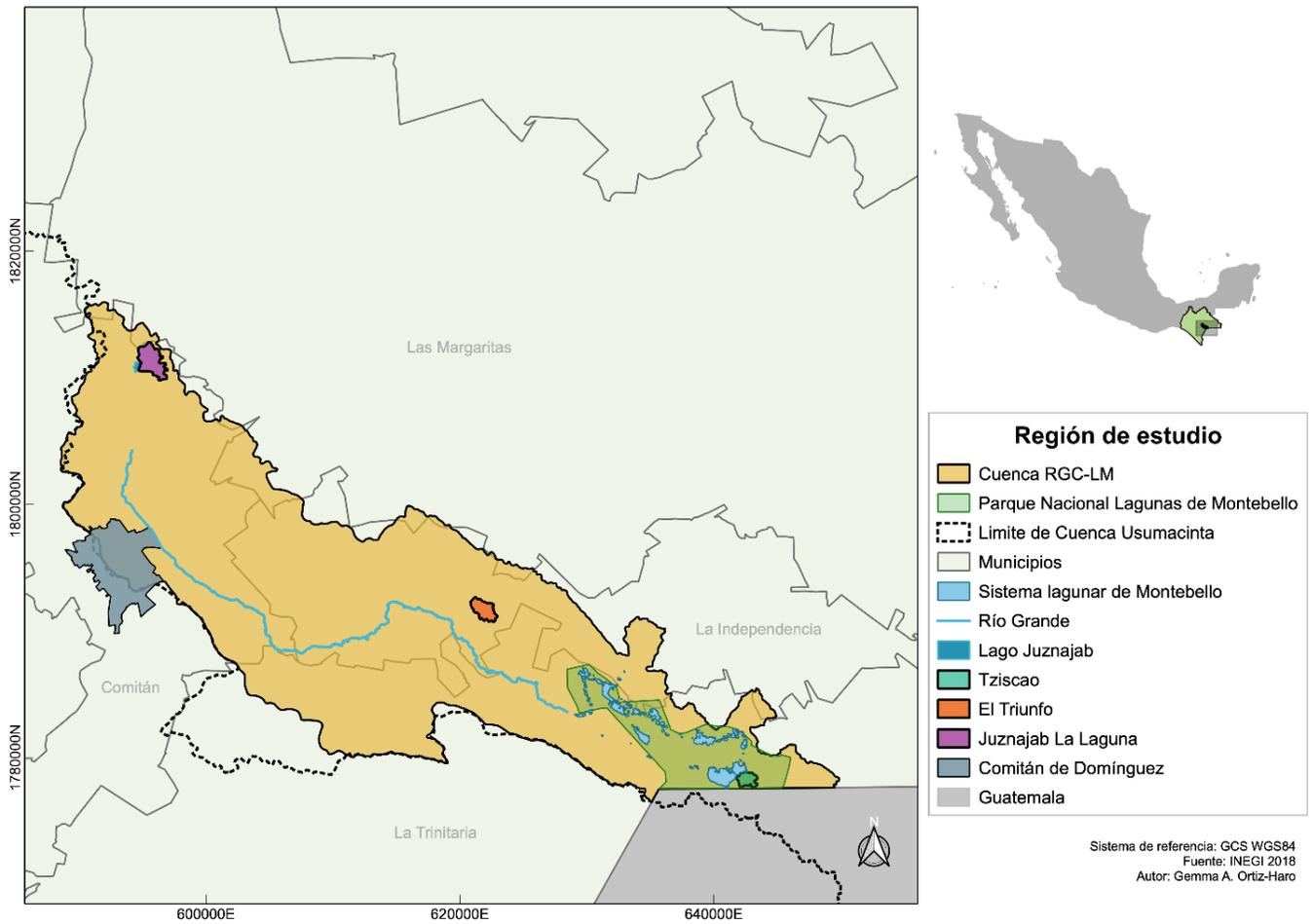


Figura 5. Ubicación de la cuenca RGC-LM y las tres localidades de estudio: Juznajib-La Laguna, Comitán; El Triunfo, La Independencia y Tziscoa, La Trinitaria .

6.1 Generalidades

La cuenca Río Grande de Comitán-Lagos de Montebello (CRGC-LM) se ubica en la región Sur-Sureste del estado de Chiapas y la zona fronteriza con Guatemala, tiene una extensión de 810 km² y aproximadamente 271,000 habitantes distribuidos en 300 localidades, de las cuales, más de la mitad se encuentra en un nivel alto de marginación (CONAPO, 2010).

La CRGC-LM abarca específicamente cuatro municipios en diferentes proporciones: Comitán de Domínguez (33.3%), La Trinitaria (29.3%), La Independencia (33.9%), Las Margaritas (3.2%) y una localidad de la República de Guatemala (0.3%) (CONAGUA, 2009). El clima va de templado húmedo a subhúmedo con lluvias todo el año y de semicálido húmedo a subhúmedo con abundantes lluvias en verano, la temperatura media anual es de 22 °C (CFE, 2012; CONANP, 2007). La precipitación total por año es de 1,800 mm con medias mensuales superiores a los 100 mm y con máximas en los meses de junio y septiembre (CFE, 2012; CONANP, 2007). La vegetación dominante en la zona es bosque templado (CONANP, 2009).

A consecuencia de la geología kárstica del territorio, hay mayor infiltración de agua al sistema de acuíferos locales y regionales (CFE, 2012). El afluente principal de la cuenca está conformado por el Río Grande que corre de noroeste a suroeste y es alimentado por el lago Juznajib (ubicado en la parte alta de la cuenca) (Espinosa-García, 2018). En este afluente y cuerpos de agua asociados a la zona de estudio, se tiene registro de especies nativas, endémicas y exóticas de peces (Ortíz-Haro, 2017), entre las nativas se enlistan: *Astyanax aeneus* (Günther), *Tlaloc candalarius*, *Tlaloc aff. Candalarius*, *Rhamdia guatemalensis* (Günther), *Poeciliopsis gracilis* (Heckel), *Poeciliopsis hnlickai* (Meyer y Vogel), *Poecilia mexicana* (Steindachner), *Theraps intermedius*; endémica: *Profundulus labialis* (Günther) y exóticas: *Cyprinus carpio* (Linnaeus), *Oreochromis sp*, *Poecilia reticulata* (Peters), *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802).

El río se encuentra severamente afectado en términos de calidad y cantidad de agua, debido a las actividades antropogénicas que se realizan en sus proximidades, destacan la descarga de aguas residuales e industriales, así como la agricultura intensiva de los alrededores (Ortíz-Haro, 2017; Alvarado, 2015). Los sitios con mayor perturbación se encuentran en la región media y baja del mismo. Por este motivo, la estructura de la comunidad íctica varía en todo el gradiente del afluente, se pueden encontrar a lo largo, sitios con alta y muy baja diversidad (Ortíz-Haro, 2017).

La CRGC-LM desemboca en el Área Natural Protegida con carácter de Parque Nacional “Lagunas de Montebello”, considerado sitio RAMSAR número 1325, el cual representa gran importancia ecológica, cultural y económica para el estado (CFE, 2012; Rojas & Vidal, 2008; CONANP, 2007). Desde 2003, se tiene documentado que este sitio ha mostrado un deterioro progresivo (eutrofización) evidenciado a través de cambios permanentes en la coloración de sus lagos (García, 2017).

6.2 Características socioeconómicas

A nivel cuenca, la agricultura es la principal actividad productiva seguida del turismo y la pesca (SEMARNAT, 2012). Los terrenos de cultivo ocupan cerca del 33% de su superficie total (Alvarado-Velázquez, 2015). Dentro de la CRGC-LM se identifican dos tipos predominantes de actividad agrícola: la de temporal y la de riego, representando un 24.8% y un 7.9% del total de terrenos de cultivo respectivamente (Alvarado-Velázquez, 2015; INEGI, 2015). En general, la producción es de autoconsumo (frijol, maíz, calabaza, plátano, etc.), en algunos casos, sólo se dispone de un pequeño excedente comercializable (1/4 de la producción), el cual se entrega a intermediarios o acaparadores por dificultades para posicionar el producto en cadenas comerciales grandes (Ávila, 2015; Warman, 1978).

Por medio de la agricultura de riego se cultiva una variedad híbrida de jitomate rojo en los ejidos ubicados dentro de la cuenca media (Emiliano Zapata, Venustiano Carranza, El Triunfo, El Porvenir y Lázaro Cárdenas) (Ávila, 2017).

En la zona existe un alto grado de emigración juvenil temporal interna, particularmente en época vacacional hacia las costas del caribe mexicano, y permanente internacional, principalmente a Estados Unidos (Galicía, 2012). Lo que puede traducirse en una reducción de la disponibilidad de mano de obra en las actividades económicas y dificultades para la sucesión generacional en ellas, y como consecuencia, la falta de nuevas perspectivas para la gestión de los recursos (Merino, 2012). Los flujos migratorios también pueden generar un ingreso que incide en las capacidades económicas como consultas médicas particulares, acceso a medicamentos, mejores sistemas de almacenamiento de agua, etc.

Las zonas urbanas de la CRGC-LM ocupan el 5% del territorio, distribuidas en 179 localidades con una población total de 167,532 habitantes hasta el año 2010, sin embargo, el 84% de esta población, pertenece a la ciudad de Comitán de Domínguez (INEGI, 2010). Siendo el poblado más grande, Comitán es el único que cuenta con servicio de alcantarillado y una planta de tratamiento (actualmente fuera de servicio) basada en lagunas de oxidación para aguas residuales, cuya producción es vertida en el Río Grande. Existe evidencia de que el tratamiento al cual era sometida el agua es deficiente, debido a que la concentración de nutrimentos en el río aumentaba después de su descarga (Espinosa, 2018; Barajas, 2017; Alvarado, 2015), en época de lluvias, el volumen del afluente incrementa y provoca inundaciones en los cultivos de tierras aledañas. El resto de las localidades cuentan únicamente con fosas sépticas y tubos directos de desagüe al río, lo cual se ha corroborado a través de encuestas realizadas por Espinosa (2018) en diferentes localidades dentro de la CRGC-LM y por observación personal.

6.2.1 Juznajib-La Laguna, Comitán

Juznajib-La Laguna cuenta con alrededor de 703 habitantes, 22% del total es analfabeta y más del 80% de la población cuenta con educación básica incompleta, 24% carece de derecho-habienencia a servicios de salud, la comunidad está catalogada con grado de marginación alto (SEDESOL, 2010). El poblado muestra rezago en el acceso al agua entubada, el 9% de las viviendas carece del servicio y el drenaje es ausente en el 98% de los hogares (SEDESOL, 2010). Esta situación contrasta con el hecho de que en el ejido Juznajib se localiza una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable del municipio de Comitán, que cuenta con el núcleo urbano más grande de la región (CONAGUA, 2009).

La microcuenca Alto Juznajib presenta un considerable volumen de agua concesionado para fines agrícolas, es decir, el 8.7% de toda la cuenca. En la zona se cultiva maíz (90% del área sembrada), frijol y algunas hortalizas (SAGARPA –FIRCO, 2007a). Las siembras se realizan a principios del mes de mayo hasta la tercera semana de junio y el ciclo dura aproximadamente seis meses, también se practica ganadería a baja escala (SAGARPA –FIRCO, 2007a).

6.2.2 El Triunfo, La Independencia

El Triunfo cuenta con 5400 habitantes, del total de la población, 15% es analfabeta, 92% carece de educación básica completa y 57% de los habitantes no cuenta con derecho-habienencia a servicios de salud (SEDESOL, 2010). El grado de marginación es alto (SEDESOL, 2010). En la localidad el 1% de las viviendas carece de agua entubada y el 13% de hogares no cuenta drenaje (SEDESOL, 2010).

En los últimos años, el cultivo de jitomate se ha ido convirtiendo en la actividad de mayor importancia para esta comunidad, que destaca como mayor productora de jitomate. La producción se realiza bajo el sistema de riego, que tiene su abastecimiento en pozos profundos, norias y la corriente principal del río Grande (SAGARPA – FIRCO, 2007b). La siembra del fruto se realiza utilizando casas sombra para el control de plagas o

enfermedades, y en algunos casos se cuenta con invernaderos (SAGARPA – FIRCO, 2007b). El cultivo de jitomate se realiza entre tres y cinco ciclos por año, requiere de la aplicación de agroquímicos durante 14 semanas en una parcela (Ávila, 2017).

6.2.3 Tzisco, La Trinitaria

Tzisco es una zona fronteriza con Guatemala, cuenta con 1262 habitantes, del total de la población, 11% es analfabeta, más del 66% muestra educación básica incompleta y el 43% se encuentra sin derecho-habencia a los servicios de salud, el grado de marginación es alto (SEDESOL, 2010). El 100% de las viviendas de la localidad carece de agua entubada y el 43% de hogares no cuenta con drenaje (SEDESOL, 2010).

La actividad económica principal es el turismo y la agricultura. Además de cultivar maíz, los agricultores también se dedican a la producción de café para autoconsumo y su comercialización (CONAGUA, 2009).

7. Método

Para el proceso de investigación con enfoque en ecosalud, las etapas de *diseño-desarrollo del conocimiento* (método) y *sistematización-estrategia de intervención* (discusión y conclusiones) se basaron en los principios *pensamiento sistémico, sustentabilidad y equidad social*.

Diseño – desarrollo del conocimiento

La zona de estudio fue determinada con base en la revisión extensa de literatura sobre la Cuenca Río Grande de Comitán- Lagos de Montebello (CRGC-LM), que comprendió investigaciones de 2013 en adelante y una visita prospectiva a campo durante agosto de 2018. A partir de ello se definió estudiar la sección alta, media y baja de la CRGC-LM para vislumbrar de manera diferenciada las dinámicas socioecológicas imbricadas en la implementación de agroquímicos en tres localidades a través de una metodología mixta (Figura 6), donde los actores fueron agricultores. En esta se recabó información sociodemográfica y relativa a la producción de alimentos, uso-manejo de agroquímicos, percepción de salud e impactos al ambiente, estado de la ictiofauna y calidad de agua, correspondiendo los dos últimos a datos generados en los trabajos de Ortiz-Haro, 2017 y Alvarado-Velázquez, 2017.

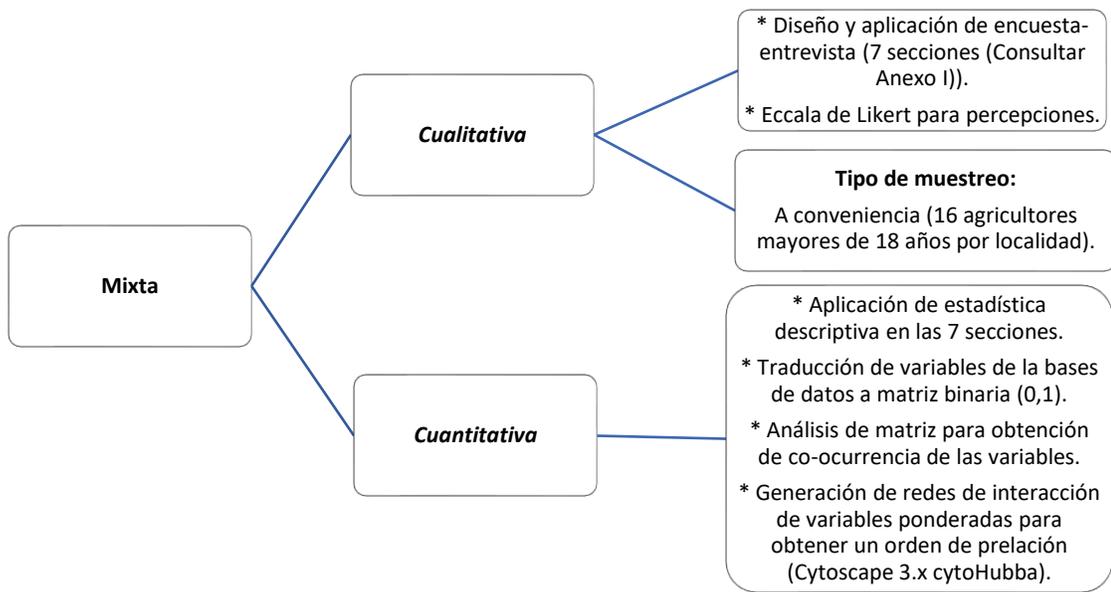


Figura 6. Descripción de la metodología mixta empleada.

7.1 Cualitativo

El instrumento empleado para la caracterización de la producción de alimentos y el uso-manejo de agroquímicos fue una encuesta y entrevista semi estructurada. Esta se configuró a partir de información sociodemográfica, elementos comunes presentes en cuestionarios de diagnóstico por intoxicación con plaguicidas con base en Bolivia, 2008; Thundiyil *et al.*, 2008; Nava, 2003 y para la descripción de producción agrícola.

La encuesta-entrevista consistió en 63 reactivos compuestos por 108 variables y distribuidos en 7 secciones: I) Información general del/ la encuestado/a (datos sociodemográficos), II) Generalidades del predio, III) Uso y manejo de agroquímicos, IV) Salud, V) Comportamiento, VI) Percepción de salud y VII) Producción. El instrumento se aplicó mediante un muestreo a conveniencia, es decir, un muestreo no probabilístico que obedece a la selección de aquellos sujetos accesibles y próximos a la/el investigador/a y que acepten ser incluidos o partícipes (Otzen & Manterola, 2017), por lo tanto, la muestra

no fue representativa para cada localidad en función de su población total. Únicamente participaron agricultores mayores de edad ya que fue necesario firmar mutuamente un consentimiento informado, del cual, a cada individuo se le proporcionó gratuitamente una copia fotostática.

De forma simultánea, a partir de la información que la encuesta-entrevista arrojó, aunado a observación pasiva⁴, se identificaron posibles fuentes y/o vías de exposición de los agricultores a residuos de fertilizantes y plaguicidas en el ámbito laboral y doméstico.

Se compararon entre sí los agroquímicos empleados en los cultivos de cada localidad y los posibles efectos al ambiente y la salud humana que generan a partir de la revisión de los estándares internacionales de regulación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, del Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) y de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), así también, se complementó la información mediante datos de las fichas técnicas y/o de seguridad de los productos.

Las percepciones (estado de salud, afectación al suelo, afectación al agua y afectación a los animales) en función de la influencia del uso y manejo de agroquímicos, se analizaron mediante una escala aditiva tipo Likert que corresponde a un nivel de medición ordinal (Matas, 2018). Esta es un instrumento psicométrico donde el encuestado/a indica su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación, ítem o reactivo a través de una escala ordenada y unidimensional (Laguna & Alberto, 2017; Bertram, 2008).

En el caso de salud, se ponderaron 7 valores, yendo de mayor a menor (7-1) bajo las siguientes categorías según el estado referido: excelente, muy buena, buena, regular, mala, muy mala y no sé. Para la determinación de afectación al agua, suelo y los animales se emplearon tres valores, 3: no afecta, 2: sí afecta y 1: no sé.

⁴ Método neutro de obtención de datos donde los sujetos de estudio no participan activamente, (FAO, 1994).

7.2 Cuantitativo

Se analizaron las siete secciones del instrumento mediante estadística descriptiva. Posteriormente, de las 108 variables de la encuesta-entrevista, fueron seleccionadas 45 (Consultar Anexo II) por su cualidad de traducción directa a valores nominales, las cuales se representaron en una matriz binaria de tipo presencia-ausencia, que incluye los datos de 49 participantes (16 de Juznajib, 16 de Tzisco y 17 de El Triunfo). Esta fue tratada como una matriz de co-ocurrencia analizada con el paquete Cooccur en R, el cual calcula la probabilidad de co-ocurrencia de cada variable por cada uno de los 49 ejemplos (agricultores) (Figura 7). Con los valores de probabilidad de co-ocurrencia se construyó una red de interacción por medio de Cytoscape para determinar el nivel de importancia de las variables a través de medidas de centralidad con CytoHubba.

Species Co-occurrence Matrix

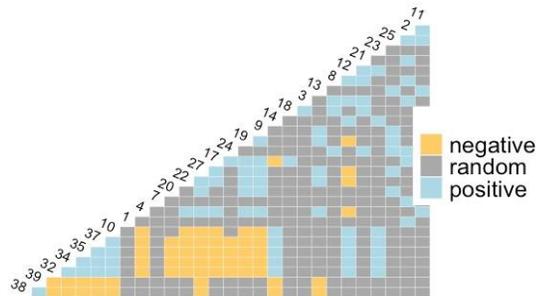


Figura 7. Ejemplo de matriz de co-ocurrencia de variables.

7.2.1 Cytoscape

Cytoscape es una plataforma general de software de código abierto diseñada para analizar y visualizar redes complejas. El complemento Cytoscape 3.x cytoHubba está configurado para clasificar los nodos en una red por sus características o funciones de red (Cytoscape, 2019). CytoHubba proporciona 11 métodos de análisis topológico, de los cuales se empleó el Componente percolado de borde, EPC.

7.2.2 Componente de Percolado de Borde (EPC/CPB)

La teoría de la percolación es ejemplo de un campo en el que converge el trabajo en computadora y los resultados teóricos, basados principalmente en geometría y probabilidad. Con ella es posible modelar una amplia gama de fenómenos de importancia práctica, tales como difusión de líquidos, comportamiento de materiales semiconductores, magnetismo, difusión de enfermedades contagiosas, entre otras (Slat, 2005). La percolación es la teoría fisicomatemática que se encarga de ver si una determinada magnitud puede fluir por un sistema (Christensen, 2002). La medida de centralidad de percolación EPC, es una versión de centralidad de intermediación ponderada que considera el 'estado' de la fuente y de destino de los nodos de cada camino más corto en el cálculo de este peso (Chen *et al.*, 2009). *El análisis de red puede ayudar a entender la función de un nodo individual y la colaboración entre otros nodos.* Como paradigma de la conectividad aleatoria y semi aleatoria, el modelo de percolación juega un papel clave en el desarrollo de la ciencia de redes y sus aplicaciones (Slat, 2005).

La centralidad de percolación entonces se define para un nodo dado, en un momento determinado, como la proporción de 'caminos percolados' que pasan por dicho nodo. Donde un 'camino percolado' es el camino más corto entre un par de nodos, donde se percola el nodo de origen.

La función de percolación $\theta(p)$, informa la probabilidad de encontrar caminos que conectan los extremos del sistema en función de la probabilidad de que dos nodos vecinos estén o no conectados.

Deducciones:

- Si la probabilidad de crear nexos entre nodos vecinos es muy baja, la probabilidad de encontrar caminos que lleven de un extremo a otro del sistema debe de ser nula: $\theta(p) = 0$ para p 's muy pequeñas.

- Si la probabilidad de crear nexos entre nodos vecinos es muy alta, la probabilidad de encontrar caminos que de un extremo a otro del sistema ha de ser 1, es decir, es seguro hallar tales caminos.

$\theta(p) = 1$ para p 's muy altas (muy cercanas a 1).

p = probabilidad de encontrar un nexo entre dos nodos vecinos.

$\theta(p)$ = probabilidad de encontrar en el sistema un camino que conecte dos extremos de este.

7.2.3 Calidad de agua y peces

A partir de la revisión de literatura asociada al monitoreo de cuerpos de agua y considerando que su deterioro se manifiesta en las alteraciones de componentes bióticos y abióticos (Fausch, *et al.*, 2002), se determinó emplear como variables proxy de calidad los parámetros fisicoquímicos siguientes: temperatura, pH, OD (oxígeno disuelto) mg/L, OD (oxígeno disuelto) %, y SDT (sólidos disueltos totales) mg/L, datos de la CRGC-LM que fueron recuperados de Ortíz-Haro, 2017 y Alvarado-Velázquez, 2017. Los valores de los parámetros se tradujeron a numeración binaria, se asignó el número 1 a aquellos parámetros que se encontraron dentro de los límites permisibles en el Índice de Calidad de Agua (ICA)⁵ y 0 a los que estaban fuera de esta.

Se incluyeron como variables bioindicadoras de la calidad del agua a todas las especies de peces registradas en la CRGC-LM a partir del trabajo de Ortíz-Haro, 2017, donde se enlistaron las siguientes, nativas: *Astyanax aeneus* (Günther), *Tlaloc candalarius*, *Tlaloc aff. Candalarius*, *Rhamdia guatemalensis* (Günther), *Poeciliopsis gracilis* (Heckel), *Poeciliopsis hnilickai* (Meyer y Vogel), *Poecilia mexicana* (Steindachner), *Theraps intermedius*; endémica: *Profundulus labialis* (Günther) y exóticas o invasoras: *Cyprinus carpio* (Linnaeus), *Oreochromis sp.*, *Poecilia reticulata* (Peters), *Micropterus salmoides* (Lacepède, 1802). Su presencia o ausencia, fue registrada en la matriz mediante los números 1 y 0 respectivamente.

⁵ El ICA se define como el grado de calidad de un cuerpo de agua en términos de bienestar humano independientemente de su uso y da indicios de los problemas de contaminación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2000. Compendio de Estadísticas Ambientales, Cap. 4 Agua. http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/img/cap4.pdf

8. Resultados

A continuación, se muestran los resultados de generalidades, la caracterización de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes, las fuentes o vías de exposición laboral/doméstica ante el uso y manejo de agroquímicos, las percepciones de los agricultores sobre salud humana y del estado del ecosistema ante la implementación de dichas sustancias. Asimismo, se exponen las áreas de intervención integral para contribuir a un uso y manejo seguro de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas a manera de recomendaciones.

8.1 Generalidades

El 100% de los entrevistados son hombres cuyo rango de edad es de 18-83 años, en su totalidad son hablantes de español y 10% de los agricultores tiene como primera o segunda lengua el maya chuj. Su escolaridad varía de nula a básica (hasta telesecundaria). Juznajib-La laguna, presenta al grupo agricultor de mayor edad, cuyo promedio es 53 años, seguido por El Triunfo con 52 años y Tzisco con 46 años.

Globalmente, más del 70% de los entrevistados son propietarios de las parcelas donde trabajan, cuando no ocurre de este modo, los terrenos están en calidad de préstamo o renta debido a que el individuo no es titular de algún predio, o bien, es externo a la comunidad. El área destinada para la práctica agrícola varía a lo largo de la CRGC-LM, fenómeno que depende de la repartición histórica de tierras en las comunidades, la disponibilidad y acceso al predio, así como de la fuerza de trabajo y la tecnología con que se cuenta para producirlo y mantenerlo.

Juznajib-La Laguna posee las mayores extensiones de terreno por familia para la actividad, yendo de 1-7 hectáreas⁶, siendo 1 ha la más frecuente (Fig. 8), en El Triunfo, las superficies van de 0.25 - 5 hectáreas, donde 1 ha es lo más común (Fig. 9) y finalmente en Tzisco de 0.5-2.5 hectáreas, predominando por agricultor 0.5 ha (Fig. 10).

⁶ Una hectárea o hectómetro (ha), corresponde a 10 000 m².

En los gráficos, el tamaño de cada recuadro representa la frecuencia de del área destinada para la actividad agrícola, esta se señala en la parte inferior izquierda de los cuadrángulos.

Fig. 8. Área de parcelas cultivables por agricultor en Juznajab-La Laguna.

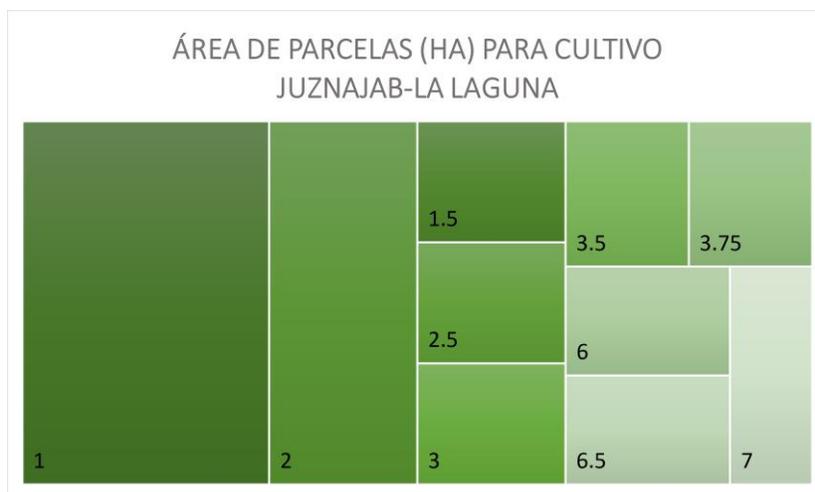
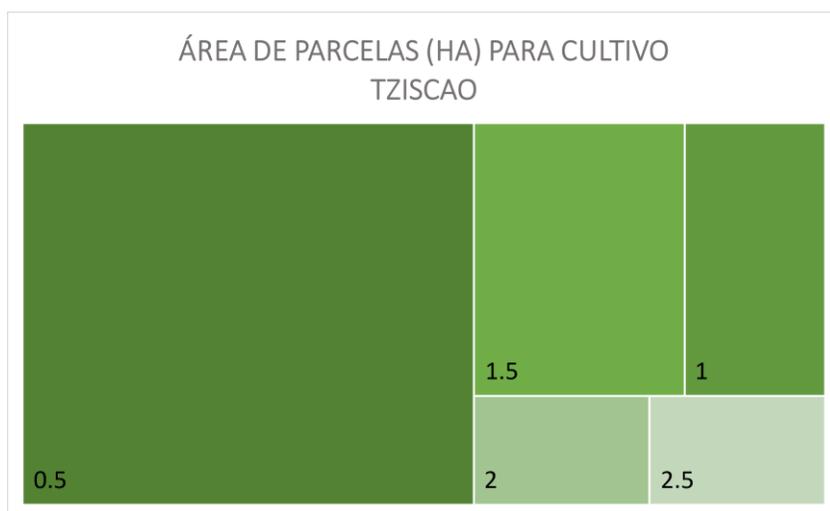


Fig. 9. Área de parcelas cultivables por agricultor en El Triunfo.



Fig. 10. Área de parcelas cultivables por agricultor en Tzisco.



Los cultivos principales por localidad (Tabla, 2) cambian según las características geográficas de la zona, la modernización del campo, los recursos para inversión y el acceso a mercados. El Triunfo muestra mayor diversidad de cultivos (Tabla 2), básicamente hortalizas, puesto que es la única localidad donde el 65% de las parcelas cuenta con sistemas de riego e invernaderos. En Tzisco y El Triunfo se comercializan formalmente los productos cosechados preferentemente con mayoristas. El café y jitomate son, respectivamente, los frutos de preponderancia económica en estos lugares. Resaltan las variedades de café arábigo, borbón y mondonovo como los más resistentes a plagas y a las inclemencias del tiempo.

Por el contrario, la venta de cultivos en Juznajib-La Laguna es eventual, sucede exclusivamente cuando hay excedentes en la producción de frijol, ya que es mejor cotizado a comparación del maíz y la calabaza. Esencialmente los compradores directos de la leguminosa son pobladores y tiendas de abarrotes locales, así como acaparadores provenientes de comunidades aledañas.

Tabla 2. Cultivos principales por localidad ordenados según su importancia económica.

Localidad	Cultivos
Juznajab-La Laguna	Frijol, maíz y calabaza.
El Triunfo	Jitomate, col/repollo, cebolla, pepino, maíz, chile y aguacate.
Tziscoa	Café (variedades: oro, azteca, catimor, geisha, arábigo, borbón y mondonovo), maíz y plátano.

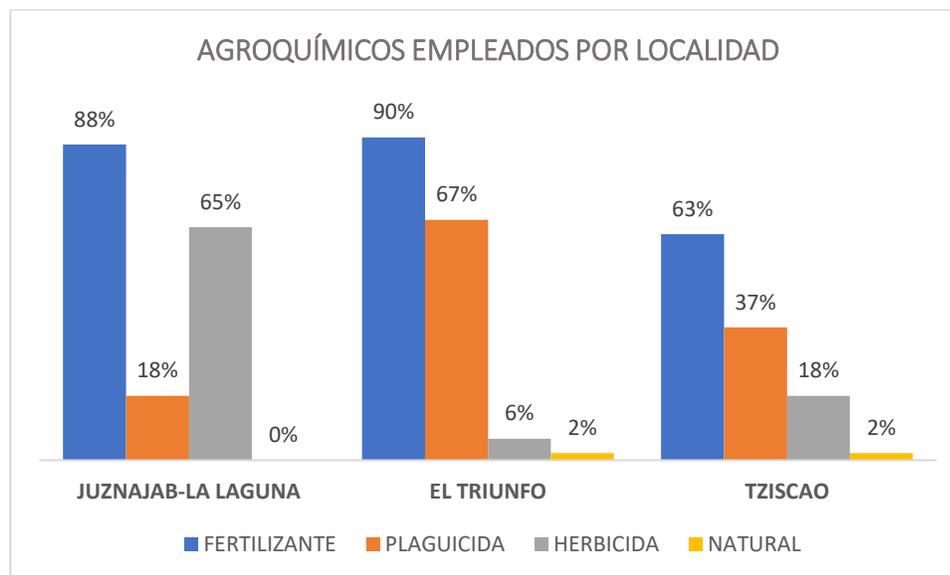
A pesar de que la agricultura es el modo de vida principal en la totalidad de los casos, los participantes también diversifican sus actividades para asegurar o mejorar el ingreso familiar, puesto que, al depender mayormente de la agricultura de temporal, y ésta encontrarse sujeta a la variabilidad climática, plagas, fenómenos meteorológicos extremos, entre otros, no tienen garantías de producción. Entre las actividades complementarias a la agricultura que se realizan al interior de la CRGC-LM se encuentran: ganadería, apicultura, albañilería, carpintería, corte de leña, crianza de animales de corral, guía de turismo (únicamente en Tziscoa), reparación de potreros, conducción de mototaxi, atención de abarrotes y emigración por temporada (al Caribe y Estados Unidos de Norteamérica).

8.2 Caracterización de agroquímicos

- *El 96% de los participantes encuestados emplea agroquímicos sintéticos para distintos cultivos y plantaciones, sean de autoconsumo o para su comercialización.*

A nivel cuenca, el producto más consumido son los fertilizantes, seguido de los plaguicidas y herbicidas. El Triunfo representa la localidad con mayor empleo de fertilizantes (90%) y plaguicidas (67%) en el área de estudio y Juznajab-La Laguna (65%), se posiciona como el mayor consumidor de herbicidas (Fig. 11). Consultar Anexo, III para el listado de productos. Las plagas más destacadas al interior de los cultivos en la CRGC-LM son producidas por insectos y hongos. Entre ellas se encuentran: el ‘gusano cogollero’ (*Spodoptera frugiperda*), la ‘gallina ciega’ (*Phyllophaga spp.*), la mosquita blanca, palomilla blanca o ‘mosh’ (*Bemisia tabaci*), trips (orden Thysanoptera) (presentes únicamente en El Triunfo), la ‘roya del café’ (*Hemileia vastatrix*) (presente únicamente en Tzisco) y otros hongos no identificados.

Fig. 11. Porcentaje de uso de agroquímicos por localidad.



Hay predominancia y preferencia marcada entre los agricultores de la región por el uso de ciertos agroquímicos (Tabla 3). Esto se atribuye principalmente a la eficacia del producto, su disponibilidad en el mercado –en muchas ocasiones independientemente del alto precio-, por las recomendaciones familiares y/o del personal del expendio, así como por la influencia de la amplia difusión y propaganda de las sustancias a través de medios gráficos (carteles, anuncios en paredes, calendarios, etc.) (Fig. 12) y auditivos (comerciales de radio y altavoces locales).

Tabla 3. Agroquímicos dominantes en la cuenca RGC-LM.

<i>Agroquímico</i>	<i>Sustancia activa</i>	<i>Nombre comercial</i> ⁷
<i>Fertilizantes</i>	<i>Nitrógeno, Azufre</i>	Sulfato de amonio, Fertiquim
	<i>Nitrógeno ureico</i>	Urea
	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>	8-8-8, 16-16-16, 17-17-17-, 18-18-18, 20-20-20, Map, NKS, Complejo, Bayfolan
<i>Herbidas</i>	<i>Glifosato</i>	Glifosato, Faena-Glifosato, Herbipol-Glifosato, Lafam-Glifosato, Glifogan, Rival
	<i>Paraquat</i>	Paraquat, Gramoxone, Quemoxone
<i>Plaguicidas</i>	<i>Cipermetrina</i>	Arrivo, Trinachem

⁷ Los nombres comerciales fueron proporcionados por los agricultores.



Figura 12. Ejemplos de propaganda de agroquímicos en a) Tziscoo y b) El Triunfo. Fotografías: MCL.

De forma genérica, los establecimientos que comercializan dichos artículos en la cuenca pueden clasificarse en cuatro: 1) Veterinarias o agro-veterinarias, 2) Tiendas de agro-insumos, 3) Bodegas (oferta los precios más bajos), normalmente ubicadas en las cabeceras municipales o zonas importantes de intercambio comercial y 4) Tiendas de abarrotes locales. Las veterinarias o agro-veterinarias y bodegas, cubren el 64% de la

demanda de insumos. Sin embargo, los agricultores de la región también han tenido acceso desde antaño y en la actualidad, a fertilizantes de forma gratuita mediante el proselitismo de partidos políticos nacionales o por cuenta de distintos programas de gobierno para apoyo al campo (*i.e.* PROCAMPO y Fertilizantes para el bienestar), asimismo, adquisición de agroinsumos prohibidos en México en la zona fronteriza con Guatemala.

El número de agroquímicos utilizados por parcela varía entre 2-18 productos diferentes en un ciclo agrícola, donde el gasto promedio para el consumo de las sustancias es de \$3000.00 en Juznajib-La Laguna, \$2000.00 en Tzisco y de \$5000.00 en El Triunfo, monto que fluctúa-generalmente en aumento- según las necesidades de los cultivos.

Se documentó que desde hace al menos 55 años, en El Triunfo se emplean agroquímicos, destacando ya desde décadas pasadas la aplicación de urea, paraquat y glifosato, dicho registro es el más antiguo entre los participantes. A pesar del uso extendido de las sustancias de origen sintético, aún persiste de forma reducida en algunas familias de Tzisco y El Triunfo, la elaboración e implementación de plaguicidas y fertilizantes de origen natural como la cal, ceniza de madera, azufre, humus de lombriz y gallinaza.

8.3. Fuentes y vías de exposición laboral - doméstica

8.3.1 Exposición laboral

- *Durante el uso y manejo de agroquímicos en la CRGC-LM, es donde los trabajadores sufren exposición directa a las sustancias debido a que el equipo de protección que emplean es nulo o insuficiente (Fig. 13).*

La jornada laboral de los agricultores oscila entre 8-12 horas. Únicamente 8 de los 49 encuestados ha recibido algún tipo de capacitación asociada a los agroquímicos, y solo 3 cuentan con dererechohabiciencia a servicios de salud. La percepción de mayor a menor grado de toxicidad de los productos por localidad es: Juznajab, herbicida, fertilizante y plaguicida y para El Triunfo y Tzisco, plaguicida, herbicida y fertilizante.

Generalmente durante la fertilización los agricultores no utilizan protección más que botas de hule, ya que, al ser principalmente productos granulados -los destinados para esa labor-, son considerados como sustancias ‘no peligrosas o no tan peligrosas’ a comparación de los productos de presentación líquida, por lo tanto, se aplican directamente con la mano desnuda o empleando o una taparroca (en días húmedos o de lluvia para mayor efectividad). Al ser poco menos demandante que las aspersiones, la fertilización tiende a realizarse en solitario.

Estos resultados aunados a que más del 50% de los participantes no considera que su salud se vea comprometida por el uso de agroquímicos (Fig. 15), indican que la percepción de riesgo para la salud asociada al uso y manejo de las sustancias es baja y diferenciada entre comunidades, por lo tanto, la hipótesis 1 no se rechaza.

“(…) De año en año es más tóxico el producto que venden” (ET09-El Triunfo, comunicación personal, 16 de marzo de 2020).

En Juznajab-La Laguna, El Triunfo y Tzisco, los participantes reconocen a la nariz y la piel como las principales vías de contacto con los químicos, seguido de los ojos y la boca. Asimismo, mencionaron de forma adicional el sudor, las heridas, los oídos, debajo de las uñas y ‘por la ropa que se moja’ como otras vías que consideran importantes.

En el 87% de los casos, el proceso de preparación de plaguicidas y herbicidas se da de forma individual y en 13% con ayuda de algún acompañante, comúnmente esposa o hijos. Dicha labor se lleva a cabo principalmente en la milpa o parcela, seguida del huerto, el patio de la casa, el cafetal o en algún arroyo/río. Cabe destacar que, en éstos últimos, se sumerge directamente la “mochila” (bomba aspersora) en el cuerpo de agua para llenarla con mayor facilidad, situación particularmente delicada en Tziscaco, debido a que el agua proveniente de tales fuentes se utiliza para consumo doméstico.

El equipo de protección empleado para la preparación y aplicación de herbicidas y plaguicidas, son: botas de hule y pañuelo o cubrebocas. Tan solo en cuatro casos la seguridad de los agricultores fue complementada con guantes, lentes y/o capa de plástico a manera de impermeable. Las conductas referidas son atribuidas a lo poco práctico, estorboso y/o caluroso que puede ser portar todo el equipo de protección durante un tiempo prolongado, así como al costo elevado de los aditamentos y su poca disponibilidad o carente existencia en los expendios correspondientes debido a la baja demanda.



Figura 13. Agricultor fumigando sin protección. Fotografía: MCL.

Los días ideales para la aplicación mediante bombas aspersoras y motobombas son los de sol y poco viento, ya que el rocío es más eficaz. Durante ese periodo, el trabajo se realiza con apoyo de otros hombres o solo (cuando no se tiene familiares que ayuden en el proceso o suficiente dinero para pagar jornales).

Con la intención de evitar un desgaste físico mayor y optimizar el tiempo de aspersión, 24 de los agricultores mezclan agroquímicos entre sí (fertilizantes con herbicidas y/o plaguicidas, y herbicidas con plaguicidas), en 3 de esos casos, los participantes mezclan todas las sustancias. Sin embargo, los efectos de los compuestos resultantes no están claros a nivel de fisiología vegetal, ambiental y de salud humana. Ante el periodo extenso de trabajo durante la temporada de preparación de tierra y siembra, los participantes refieren consumir alimentos y bebidas en las parcelas, procurando lavarse las manos y alejarse un poco de la zona donde se han aplicado los químicos.

El descarte de los envases y contenedores de agroquímicos se lleva a cabo de 4 formas: 1) Abandono al aire libre en la parcela, en algún campo abierto o cuerpo de agua, 2) Incineración, 3) Entierro y 4) Almacenamiento en casa, los cuales también implican una fuente de exposición. Al llegar a su domicilio, el 100% de los agricultores después de una jornada laboral se cambia la ropa y el calzado.



Figura 14. Abandono al aire libre de envases de agroquímicos en las parcelas de trabajo.

Fotografía: MCL.

8.3.2 Exposición doméstica

- *En Juznajib-La Laguna más del 70% de los agricultores vive con su familia en el predio donde se localizan las parcelas de cultivo, en El Triunfo y Tziscoa, corresponden al 17% y 19% respectivamente.*

Los agroquímicos, sean nuevos o sobrantes, se almacenan principalmente en el hogar dentro de su empaque original y contenidos en una bolsa plástica, esto para evitar su rápido deterioro o volatilidad; sin embargo, tal manejo representa una fuente indirecta de exposición. Las sustancias son dispuestas en bodegas/galeras al interior o colindantes al domicilio, dentro de la habitación principal (debajo de la cama)- para evitar que los niños jueguen con ellos-, en algún cuarto vacío, o bien, colgados en la trabe más alta de la cocina. Solo en cuatro casos del Triunfo y uno en Tziscoa, los fertilizantes, plaguicidas y herbicidas se almacenaron en sitios lejanos a la casa, ubicados generalmente en la milpa.

En Juznajib-La Laguna y Tziscoa, se documentó la reutilización de los contenedores modificados de plaguicidas como recipientes para acarreo de agua intradomiciliaria, así como la utilización del sobrante de herbicida y plaguicida en las plantas de traspatio, que cabe resaltar, son para el autoconsumo familiar. Las mujeres, esposas, hijas, sobrinas, ahijadas o madres de los agricultores son las responsables de lavar a mano o en lavadora la ropa que éste emplea en la jornada de campo sin algún tipo de protección en particular, tampoco se procura una disposición especial para el agua residual. Las aguas grises de lavandería en Juznajib-La Laguna y Tziscoa tienden a ser empleadas para el riego de traspatio. En el 95% de los casos, las prendas utilizadas durante la aplicación de agroquímicos son separadas de las del resto de la familia para su limpieza.

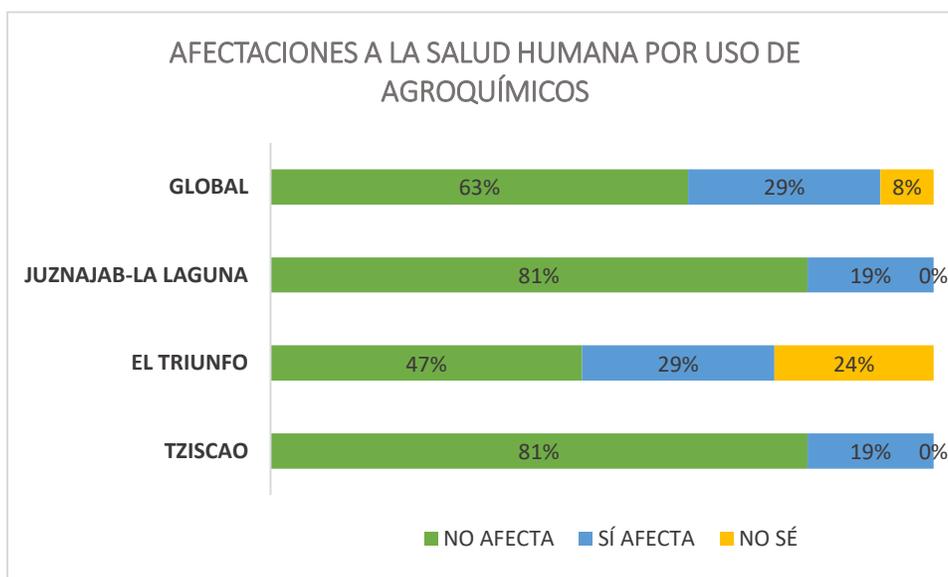
Las tiendas de abarrotes que ofertan productos agroquímicos exhiben las sustancias en anaqueles compartidos con alimentos frescos (frutas, verduras), secos (granos y semillas) y ultraprocesados (galletas, sopas instantáneas, etc.).

8.4 Percepciones

8.4.1 Salud humana

- El 29% de los agricultores a nivel global, considera que su salud se ha visto afectada de alguna manera debido al uso de agroquímicos (Fig. 15). Juznajab-La Laguna y Tziscoa, comparten la misma valoración (19%) al respecto, la percepción de los participantes de El Triunfo muestra que son quienes mayormente admiten (29%) ser perjudicados (Fig. 15).

Figura. 15. Percepciones locales y global de la afectación a la salud por uso de agroquímicos.



El 63% de los entrevistados no cree que exista correlación entre su salud y los productos químicos que emplea en el campo, reconocen que hay un detrimento de esta, pero se adjudica al envejecimiento, el 8% no sabe (Fig. 15). Sin embargo, en la zona de estudio, el 73% del total de los agricultores entrevistados ha mostrado síntomas de intoxicación aguda durante y posterior a la aplicación de las sustancias, principalmente de herbicidas y plaguicidas (Tabla 4).

“(…) Por la edad es que se enferma uno” (MCL02-Juznajab, comunicación personal, 17 de abril de 2019).

Tabla 4. Síntomas agudos de intoxicación por plaguicidas y herbicidas.

Localidad	Orden de síntomas según su frecuencia de aparición
<i>Juznajab-La Laguna</i>	Estornudos, dolor de cabeza, irritación en garganta y ojos, náuseas.
<i>El Triunfo</i>	Mareo, dolor de cabeza, irritación en ojos, picazón en la piel.
<i>Tziscoa</i>	Mareo, dolor de cabeza, irritación en ojos, picazón en la piel, estornudos.

“(…) La gripa que da después de poner el líquido ya no se cura tan fácil, da mucho cansancio, dolor de cuerpo y huesos” (MCL01-Juznajab, comunicación personal, 17 de abril de 2019).

“(…) Cada vez que aplico los productos me mareo o me da sueño” (TMCL01-Tziscoa, comunicación personal, 13 de agosto de 2019).

“(…) Los productos se ingieren sin querer y son tóxicos, te enfermas” (MCL14-Tziscoa, comunicación personal, 20 de abril de 2019).

“(…) Los químicos afectan la piel” (ET04-El Triunfo, comunicación personal, 15 de marzo de 2020).

“(…) Por los años que llevamos usándolos estamos tocados de tóxicos” (ETL17-EL Triunfo, comunicación personal, 13 de marzo de 2020).

“(…) Ahora hay más enfermedad que antes con el químico” (ET07-El Triunfo, comunicación persona, 15 de marzo de 2020).

“(…) Además de los malestares de uno, antes de que llegaran los químicos, en el pueblo no había cáncer ni nada de eso, ahora nacen niños deformes, antes no se veía eso. Los efectos no se ven de inmediato, son a largo plazo. En lo que va del año, ya van 3 muchachitos enterrados, trabajaban en el campo y usaban líquidos” (MCL14- Juznajab, comunicación personal, 20 de abril de 2019).

A partir de los estándares internacionales de regulación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, del Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) y la revisión de fichas técnicas

y/o de seguridad, los agroquímicos de mayor empleo en la CRGC-LM presentan los siguientes efectos en la salud humana:

Tabla 5. Efectos en la salud humana de los agroquímicos dominantes en la CRGC-LM.

<i>Agroquímico</i>	<i>Sustancia activa</i>	<i>Efectos en la salud humana</i>
<i>Fertilizantes</i>	<i>Nitrógeno, Azufre</i>	Exposición aguda: irritación de piel y vías respiratorias. Puede ser nocivo en caso de ingestión.
	<i>Nitrógeno ureico</i>	Exposición aguda: irritación de mucosas, piel y ojos. No se conoce ningún efecto crónico por la exposición a este producto.
	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>	Exposición aguda: irritación de piel, ojos y vías respiratorias.
<i>Herbicidas</i>	<i>Glifosato⁸</i>	Exposición aguda: ligero irritante dérmico y oral. Severo irritante de ojos. Exposición crónica: probablemente carcinogénico.
	<i>Paraquat</i>	Exposición aguda: irritante ocular y dérmico. Ingestión: severas quemaduras en boca y garganta, náusea, vómito, taquicardia, edema pulmonar, convulsiones y muerte. Inhalación: irritación en nariz, garganta, hemorragia nasal. Exposición crónica: tóxico para hígado, pulmones, corazón, riñones, córnea, glándulas adrenales, piel y sistema digestivo en animales. Provoca ulceración de la piel y pérdida de las uñas. "Mortal si se inhala", clasificación de peligro de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado (GHS) de la Unión Europea.
<i>Plaguicidas</i>	<i>Cipermetrina</i>	Exposición aguda: irritante ocular, dérmico y del tracto respiratorio. Efectos en el sistema nervioso, manifestándose como ardor, escozor y comezón en la cara. Exposición crónica: hepatotóxico, posible carcinogénico.

Las afecciones sufridas posterior a la aplicación de los agroquímicos son atendidas mediante: baños, descanso, consumir limonada o leche, colocación de gotas para los ojos, ‘procurar comer normal’, cambio de ropa, ingerir pastillas para: la gripa, dolor muscular o estomacal, que son adquiridas libres de receta en las farmacias o tiendas de abarrotes. No se asiste a revisión médica ante los síntomas.

⁸ No mezclarlo con otros herbicidas, excepto con alaclor, atrazina, ametrina, linuron y metribuzin.

“(…) Si nos llegamos a sentir ya muy mal, ahí si ya debemos ir al médico y llevar el bote del químico para que nos den la medicina correcta” (MCL16-Juznajib, comunicación personal, 20 de abril de 2019).

A través de la escala de Likert, se determinó que la percepción de salud referida por la mayoría de los agricultores es regular (Fig. 16), sin embargo, hay cambios en su calidad según cada localidad. Para Juznajan-La Laguna esta va de buena-regular (Fig. 17), en El Triunfo de muy buena-mala (Fig. 17) y para Tzisco de excelente-regular (Fig. 17). En términos generales, Tzisco, goza de mejor percepción de salud, dado que los gradientes salud excelente, muy buena, buena y regular tienen representación, seguida de Juznajib-La Laguna y por último El Triunfo.

Figura. 16. Percepción global de salud en la cuenca RGC-LM.

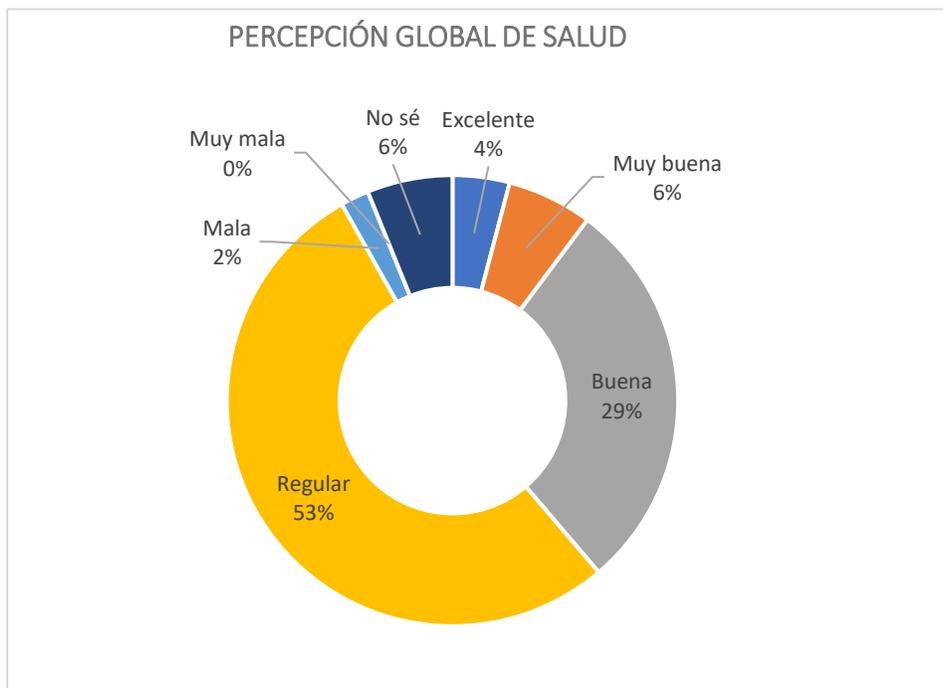
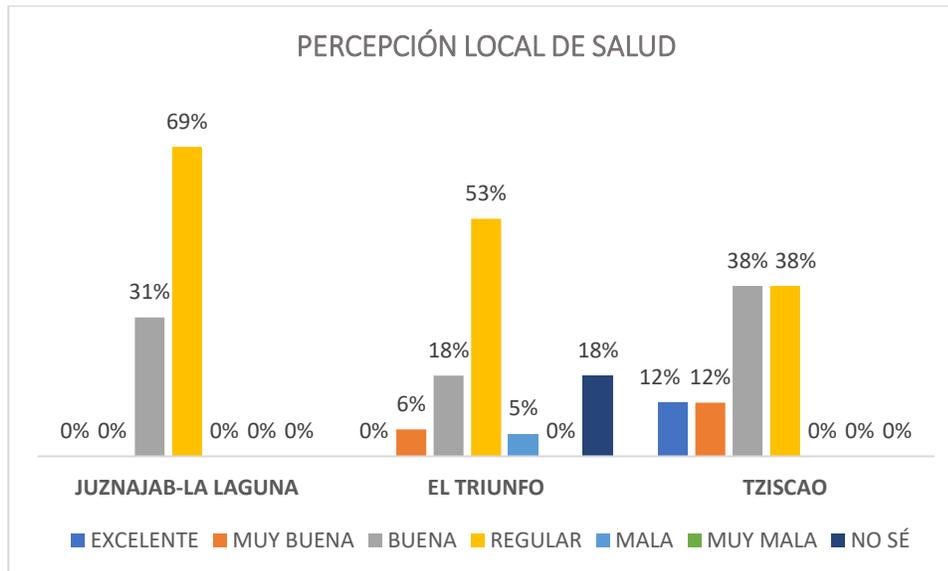


Figura. 17. Percepción local de salud por localidad.



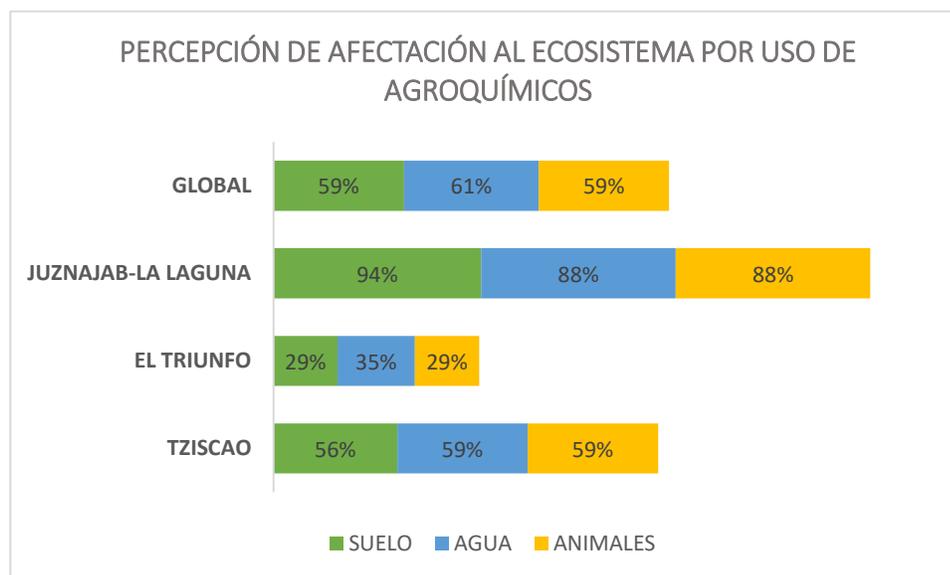
8.4.2 Ecosistema

- *La percepción del impacto al ecosistema producto del uso de agroquímicos es diferenciada entre las localidades.*

Globalmente los participantes implican mayores afectaciones al agua (61%), seguida de los animales (59%) y el suelo (59%) (Fig.18), esto a pesar de que las sustancias empleadas tienen aplicación directa o contacto con la tierra en grado considerable. Sin embargo, los agricultores de Juznajab-La Laguna, reconocen principalmente el impacto al suelo sobre las demás (94%) (Fig. 18) y son quienes en general, señalan la notoriedad del deterioro producido en este por los agroquímicos. Asimismo, los entrevistados de esta comunidad refirieron de manera constante y explícita la relación estrecha que guarda el uso de las sustancias químicas con el ciclo del agua. De las tres comunidades, los participantes de El Triunfo perciben los menores daños hacia el ecosistema a partir de la práctica agrícola con insumos sintéticos (Fig. 18), fenómeno interesante dado que es la población con la calidad de agua más baja y ausencia de ictiofauna, así como la que posee la percepción menor de salud, sin embargo, la hipótesis 2 se rechaza, puesto que Tzisco, a pesar de contar con la

percepción de salud alentadora, no es la localidad con la mejor calidad de agua y Juznajab-La Laguna, al contar con los parámetros más positivos de estos, tiene una percepción dominante de salud regular.

Figura 18. Percepción global y local de afectaciones al ecosistema por la utilización de agroquímicos.



“(…) El líquido no es bueno porque las hierbas se hacen resistentes, hay que aplicar más químicos. Los animales mastican la hierba y el agua se ensucia cuando tiran los botes o las bolsas. Los animales también mastican las bolsas o toman el agua donde se tiraron los botes” (MCL01-Juznajab, comunicación personal, 17 de abril de 2019).

“(…) Cuando llueve hay corriente, corre el agua y arrastra los químicos hacia los arroyos y contamina. Los animales toman el agua contaminada y el olor les afecta. El líquido quema el suelo y contamina la tierra. (MCL06-Juznajab, comunicación personal, 19 de abril de 2019).

“(…) Los productos van destruyendo el suelo. A largo plazo lo que escurre de la parcela se va al agua y termina en el río Grande y los Lagos de Montebello. Los animales beben agua con residuos de fertilizantes” (MCL08-Juznajab, comunicación personal, 19 de abril de 2019).

“(...) El producto quema la tierra, ya no es igual a la naturaleza. Cuando se aplica mucho a la tierra ya no da buen resultado. Los animales comen zacate, y si ya fue fertilizado, se enferman. El agua se contamina porque cuando llueve corre a la laguna” (MCL11-Juznajib, comunicación personal, 20 de abril de 2019).

“(...) Ya no da el suelo si no usas fertilizantes. Cuando llueve recio y pasa creciente, el agua se lo lleva a los ríos y los contamina. Si fumigas en la parte alta, la lluvia baja al río y el líquido con la corriente. Con el químico se mata a los gusanos del maíz y si se lo comen las gallinas, le da "tzoc" al animalito, es como una tos, como que tose, a veces se mueren y las enterramos, esas gallinas ya no se pueden comer” (MCL16-Juznajib, comunicación personal, 21 de abril de 2019).

“(...) Todo se quema con los químicos, hasta el ganado” (ET04-EL Triunfo, comunicación personal, 15 de marzo de 2010).

“(...) Los líquidos afectan todo, porque si fumigo acá, le llega a mi vecino, los envases le llegan a otro en el agua o a los animales” (ET06-El Triunfo, comunicación personal, 15 de marzo de 2020).

“(...) Los químicos matan los microorganismos que viven en la tierra, cuando llega al agua, afecta a los peces y a la salud de las personas que viven ahí. Los animales pueden beber, comer pasto fumigado y morir o perjudicarse” (TMCL12-Tziscão, comunicación personal, 14 de agosto de 2019).

“(...) El fertilizante va minando al suelo, ya no da si no se le pone” (TMCL15-Tziscão, comunicación personal, 15 de agosto de 2019).

A partir de los estándares internacionales de regulación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, del Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) y la revisión de fichas técnicas y/o de seguridad, los agroquímicos de mayor empleo en la CRGC-LM presentan los siguientes efectos en el ambiente:

Tabla 6. Efectos en el ambiente producidos por los agroquímicos dominantes en la RGC-LM.

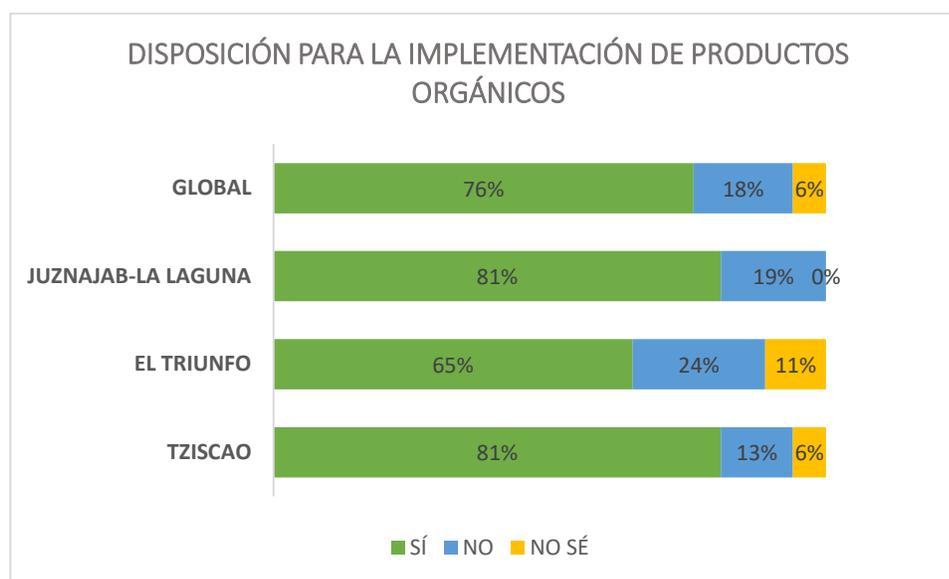
Agroquímico	Sustancia activa	Efectos en el ambiente
Fertilizantes	<i>Nitrógeno, Azufre</i>	Nocivo para los organismos acuáticos.
	<i>Nitrógeno ureico</i>	Evitar el contacto con cuerpos de agua. Lentamente puede liberar amoníaco y degradarse a nitrato. El amoníaco es tóxico para los peces. Ligeramente persistente (16 días).
	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>	Aporte de nutrientes a cuerpos de agua, salinización de suelos.
Herbicidas	<i>Glifosato⁹</i>	Ligeramente tóxico para aves. Ligeramente persistente (14 a 22 días).
	<i>Paraquat</i>	Moderadamente tóxico para peces y aves. Altamente persistente (hasta 3 años).
Plaguicidas	<i>Cipermetrina</i>	Extremadamente tóxico para peces y otras formas de vida acuática, altamente tóxico para abejas. Ligeramente persistente (1-4 semanas).

Por lo tanto, es innegable la evidencia de que el uso y manejo indiscriminado e intensivo de agroquímicos en la CRGC influyen en la degradación ambiental, siendo evidente en su impacto dentro de la matriz de bioindicadores (peces) y la calidad del agua, lo cual permite no rechazar la hipótesis 3. Esto posiciona en un nivel de menor a mayor degradación a Juznajib-La Laguna, Tzisco y El Triunfo respectivamente.

⁹ No mezclarlo con otros herbicidas, excepto con alaclor, atrazina, ametrina, linuron y metribuzin.

- El 75% de los agricultores de la CRGC-LM están dispuestos a implementar productos orgánicos (PO) en sus parcelas (Fig. 19) al considerarlos más amigables con el ambiente y la salud humana principalmente. Juznajab-La Laguna y Tziscoa comparten el mismo porcentaje de interés al respecto (81%), seguidas de El Triunfo (65%) (Fig. 19).

Figura 19. Disposición global y local para la implementación de productos orgánicos en sustitución de agroquímicos sintéticos.



“(…) Los orgánicos son menos químicos, afectan menos la salud y son más baratos” (MCL02-Juznajab, comunicación personal, 17 de abril de 2019).

“(…) Estaría bueno probar el orgánico porque a lo mejor no lo va a fregar tanto la tierra” (MCL04-Juznajab, comunicación personal, 18 de abril de 2019).

“(…) Ese producto es mejor para la salud de uno y para no dejar contaminado el mundo a los niños” (MCL06-Juznajab, comunicación personal, 18 de abril de 2019).

“(…) El orgánico no hace daño y es más barato” (ET07-El Triunfo, comunicación personal, 15 de marzo de 2020).

“(…) Los orgánicos no tienen peligro en manejarlos” (ET08-El Triunfo, comunicación personal, 16 de marzo de 2020).

“(...) Sí me gustaría, ya hemos practicado, pero es un proceso largo y difícil adaptar el sistema” (ET17-El Triunfo, comunicación personal, 16 de marzo de 2020).

“(...) Es mejor para nosotros y los animales, el orgánico no daña tierra y la salud TMCL03-Tziscoa, 13 de agosto de 2019)

“(...) Sí me gustaría usar orgánico porque las plantas dejan de usar el químico y porque el café vale un poco más (TMCL05, Tziscoa, comunicación personal, 13 de agosto de 2019).

El Triunfo muestra mayor rechazo y falta de certeza ante la utilización de insumos orgánicos con el 24% y 11% respectivamente. La resistencia y el no convencimiento para la implementación de PO entre los participantes a nivel global, se debe *grosso modo* a que el rendimiento de la producción inicialmente disminuye, se requieren aplicaciones con mayor frecuencia, hay más trabajo físico de por medio o bien, el efecto que se busca conseguir (fertilizar y/o combatir plagas) es más lento.

“(...) Ya lo probé (los productos orgánicos) pero no me gustó, no dio resultado” (MCL16-Juznajib, comunicación personal, 21 de abril de 2019).

“(...) Los orgánicos tardan más en tener efecto” (ET01-El Triunfo, comunicación personal, 14 de marzo de 2020).

“(...) No usaría orgánico porque confío en los productos que ya uso” (ET14-El Triunfo, comunicación personal, 16 de marzo de 2020).

“(...) El orgánico no porque cuesta bastante la hechura” (TMCL04-Tziscoa, comunicación personal, 13 de agosto de 2019).

9. Áreas de intervención integral

9.1 Nivel global

A partir de la probabilidad de co-ocurrencia de las 45 variables seleccionadas, por cada uno de los 49 agricultores participantes, Coocur identificó a 20 de ellas (Tabla 7 y 8) como las de mayor relevancia ante las relaciones que guardan entre sí. Mediante dicha información, se construyó una red de interacción general para determinar el nivel de importancia de las variables a través de la ponderación del Componente de Percolado de Borde con CytoHubba. El rango de ponderación es de 0-20, representando el número 20 la máxima interacción entre variables. La gama cromática de los diagramas va de rojo a amarillo, indicando el rojo mayor interacción entre el conjunto de variables.

Tabla 7. Top 20 de variables globales más relacionadas entre sí.

<i>Variable</i>	<i>Significado</i>
5	Prepara los agroquímicos sin compañía
7	Uso de protección durante la aplicación de fertilizante
8	Uso de protección durante la aplicación de plaguicida
10	Mezcla de productos
11	Mezcla el fertilizante
12	Mezcla el plaguicida
18	Sobra plaguicida
20	Considera que el fertilizante es tóxico
21	Considera que el plaguicida es tóxico
22	Considera que el herbicida es tóxico
24	Se ha sentido mal durante la aplicación
25	Disposición a cambiar hacia productos orgánicos
27	<i>Tlaloc candalarius</i>
32	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus)
34	<i>Poecilia mexicana</i> (Steindachner)
35	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters)
38	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802) †
39	<i>Theraps intermedius</i> (Günther, 1862)
41	pH
43	OD %

Tabla 8. Variables ponderadas de la red global.

<i>Posición</i>	<i>N ° de variable</i>	<i>Nombre</i>	<i>Ponderación</i>
1	43	OD%	12.532
2	12	Mezcla el plaguicida	12.424
3	21	Considera que el plaguicida es tóxico	12.367
4	7	Uso de protección durante la aplicación de fertilizante	12.317
5	34	<i>Poecilia mexicana (Steindachner)</i>	12.214
6	24	Se ha sentido mal durante la aplicación	12.116
7	38	<i>Micropterus salmoides (Lacepède, 1802) †</i>	12.046
8	11	Mezcla el fertilizante	12.019
9	20	Considera que el fertilizante es tóxico	12.013
10	32	<i>Cyprinus carpio (Linnaeus)</i>	12.005
11	27	<i>Tlaloc candalarius</i>	12.004
12	41	pH	12.002
13	10	<i>Mezcla de productos</i>	11.965
14	35	<i>Poecilia reticulata (Peters)</i>	11.955
15	39	<i>Theraps intermedius (Günther, 1862)</i>	11.948
16	18	Sobra plaguicida	11.93
17	22	Considera que el herbicida es tóxico	11.916
18	8	Uso de protección durante la aplicación de plaguicida	11.837
19	25	Disposición a cambiar hacia productos orgánicos	11.823
20	5	Prepara solo	11.783

Las ponderaciones e interacciones entre variables (Tabla 8 y Fig. 20) sugieren que en la CRGC-LM, el oxígeno disuelto y el pH de los cuerpos de agua locales o próximos a las comunidades pueden mostrar influencias externas ante la utilización de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes) y el descarte de los residuos-sobrantes, los cuales conllevan un impacto (positivo o negativo) en algunas especies de peces endémicas, nativas e introducidas como *Poecilia mexicana (Steindachner)*, *Micropterus salmoides (Lacepède, 1802) †*, *Cyprinus carpio (Linnaeus)*, *Tlaloc candalarius*, *Poecilia reticulata (Peters)* y *Theraps intermedius (Günther, 1862)*. Denota la vinculación entre la percepción de toxicidad de las sustancias y la infravaloración del riesgo ante el manejo de los fertilizantes, la cual se

materializa ante la ausencia de protección durante su aplicación, a pesar de que con los plaguicidas tiende a haber más cuidado en su uso, los malestares asociados a intoxicaciones crónicas están presentes. Cabe resaltar que, la disposición para cambiar hacia el uso de agro insumos orgánicos y la preparación de las sustancias de forma individual, pueden ser un campo de oportunidad para mejorar las condiciones de riesgo y exposición en la cuenca asociadas a la práctica agrícola.

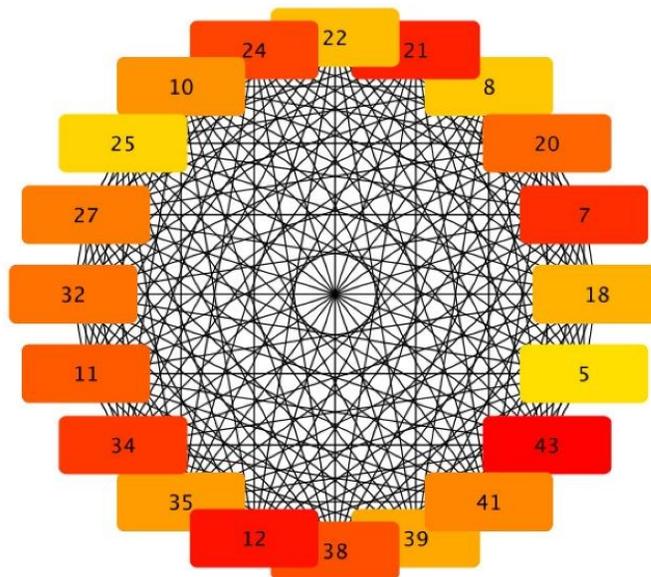


Figura 20. Red de interacción de variables ponderadas.

9.2 Nivel local

A partir de la probabilidad de co-ocurrencia de las 45 variables por agricultor de cada una de las tres poblaciones de estudio (16 participantes en Juznajib-La Laguna, 16 en Tzisco y 17 en El Triunfo), Coocur identificó a 10 variables por localidad como las de mayor relevancia ante las relaciones que guardan entre sí. A pesar de que algunas de las variables resultantes coinciden en los tres sitios, no son estrictamente las mismas en cada caso, por lo tanto, los valores numéricos internos difieren. Mediante dicha información, se construyó por comunidad una red individual de interacciones para determinar el nivel de importancia de las variables a través de la ponderación del CPB (Componente de Percolado de Borde) con CytoHubba, el rango de ponderación es de 0-10, representando el número 10 la máxima interacción entre variables. La gama cromática de los diagramas va de rojo a amarillo, indicando el rojo la mayor interacción entre el conjunto de variables.

Entre las localidades, quien mostró un ajuste más estrecho a las variables arrojadas fue Juznajib-La laguna, seguida por El Triunfo y Tzisco.

9.2.1 Juznajib-La Laguna

Tabla 9. Variables ponderadas de la red local.

<i>Posición</i>	<i>N ° de variable</i>	<i>Nombre</i>	<i>Ponderación</i>
1	16	Come durante la aplicación	9.958
2	9	Uso de protección durante la aplicación de herbicidas	9.843
3	3	Plaguicida	9.809
4	11	Mezcla el fertilizante	9.795
5	10	Mezcla de productos	9.791
6	1	Uso de agroquímicos	9.686
7	7	Uso de protección durante la aplicación de fertilizante	9.654
8	14	Bebe durante la aplicación	9.653
9	15	Fuma durante la aplicación	9.630
10	8	Uso de protección durante la aplicación de plaguicida	9.602

La ingesta de alimentos y bebidas resalta en la localidad durante la aplicación de agroquímicos representando vías de exposición ante las sustancias (Tabla 9 y Fig. 21).

Afortunadamente el consumo de tabaco se excluye de las prácticas en la jornada laboral, por lo tanto, contribuye a disminuir las vías de exposición para los agricultores. Sin embargo, la deficiente protección, como a nivel global, es el común denominador, se repite de forma local particularmente en la aplicación de herbicidas -sustancia que Juznajib-La Laguna consume en mayor proporción a comparación del resto de la CRGC-LM- y fertilizantes. La mezcla de productos (principalmente fertilizantes con herbicidas y/o plaguicidas) es una de las preponderantes en la comunidad y un tema de urgente atención debido a las implicaciones ambientales y a la salud que pueden tener.

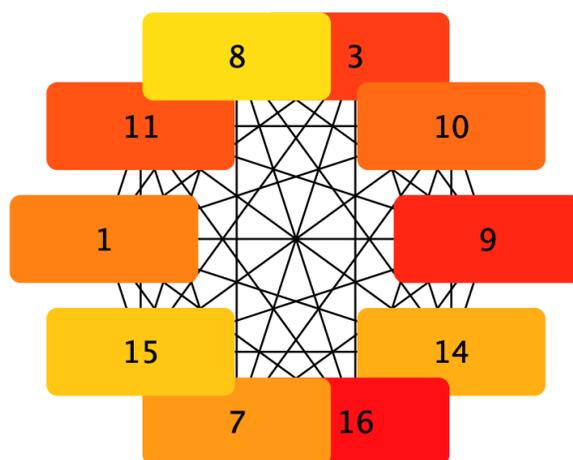


Figura 21. Red de interacción de variables ponderadas.

9.2.2 El Triunfo

Tabla 11. Variables ponderadas de la red local.

<i>Posición</i>	<i>N ° de variable</i>	<i>Nombre</i>	<i>Ponderación</i>
1	12	Mezcla el plaguicida	7.975
2	1	Uso de agroquímicos	7.932
3	8	Uso de protección durante la aplicación de plaguicida	7.913
4	4	Herbicida	7.840
5	15	Fuma durante la aplicación	7.818
6	7	Uso de protección durante la aplicación de fertilizante	7.802
7	2	Fertilizante	7.768
8	14	Bebe durante la aplicación	7.722
9	16	Come durante la aplicación	7.684
10	6	Preparación al aire libre	7.679

En esta localidad la mezcla de plaguicidas y la protección deficiente en su aplicación son variables que nuevamente resaltan (Tabla 11 y Fig. 2). Siendo El Triunfo la comunidad que consume las mayores proporciones de plaguicidas (67%) y fertilizantes (90%), muestra la percepción de menor de salud, donde apenas el 41% de los participantes toma las medidas mínimas necesarias de seguridad en el empleo de agroquímicos. Los herbicidas

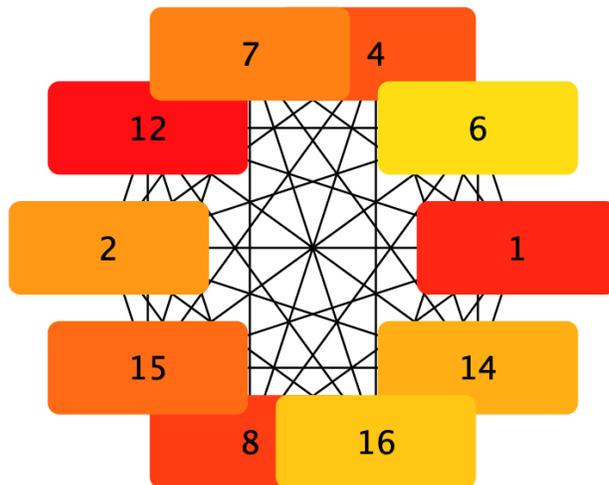


Figura 23. Red de interacción de variables ponderadas.

prácticamente no se manejan en las parcelas de trabajo por el tipo de cultivos dominantes, únicamente el 2% de los agricultores requiere de sus efectos. Dicha situación reduce la exposición a sustancias en la comunidad, así como el no fumar durante la jornada laboral y preparar los agroquímicos al aire libre, en el huerto. Sin embargo, beber y consumir alimentos durante la aplicación de los químicos persiste como actividad recurrente.

9.2.3 Tzisco

Tabla 10. Variables ponderadas de la red local.

Posición	N ° de variable	Nombre	Ponderación
1	9	Uso de protección durante la aplicación de herbicidas	6.519
2	16	Come durante la aplicación	6.507
3	13	Mezcla el herbicida	6.490
4	1	Uso de agroquímicos	6.462
5	4	Herbicida	6.437
6	14	Bebe durante la aplicación	6.387
7	2	Fertilizante	6.366
8	8	Uso de protección durante la aplicación de plaguicida	6.365
9	15	Fuma durante la aplicación	6.347
10	6	Preparación de las sustancias al aire libre	6.319

El uso deficiente de protección durante la aplicación de herbicidas y plaguicidas vuelve a ser notorio, así como las prácticas que representan vías de exposición ante los agroquímicos durante la jornada laboral (Tabla 10 y Fig. 22), donde sobresale el consumo

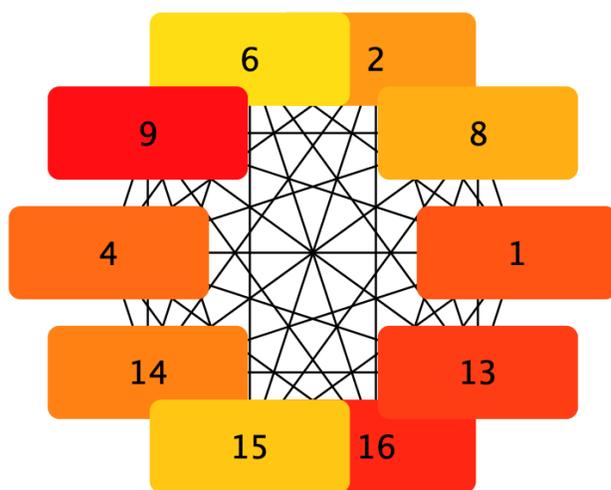


Figura 22. Red de interacción de variables ponderadas.

de alimentos y líquidos *in situ*, así como la mezcla de herbicidas con otras sustancias químicas. Los fertilizantes, al ser el producto mayormente empleado entre los participantes (63%), guardan una relación sinérgica con el resto. La preparación individual de los productos o mezclas al aire libre es una acción certera en términos de bioseguridad que el 100% de los agricultores en la localidad desarrolla en la milpa, así como el no fumar en las parcelas de cultivo.

10. Discusión y conclusiones

El objetivo de la Revolución Verde fue ayudar a resolver la crisis alimentaria global ante una población creciente que ya no podía abastecerse de los sistemas tradicionales de cultivo, donde las aplicaciones tecnológicas en el campo (maquinaria de labranza, agroquímicos, semillas genéticamente modificadas, entre otras innovaciones), se presentaron como soluciones inmediatas (Pingali, 2012). Asimismo, las economías globales exigían una mayor producción de alimentos en los países en desarrollo y un incremento de los granos básicos en el mercado (Ceccon, 2008).

Ante esta situación, en México, la agro-industrialización del sector primario, la producción pecuaria, y la población rural, representaron [representan] un papel importante dentro de la economía nacional (Cano, 2014). Desde 1988 se impulsó la política agrícola, sin embargo, a pesar del aparente éxito comercial del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) vigente a partir de 1994 y que propició la reorientación de los subsidios agrícolas hacia el sector campesino (Vargas-Hernández, 2005; Quintana, 1994), más del 40 % de los agricultores mexicanos viven en la pobreza extrema (Cano, 2014), cuando la actividad agrícola en sí misma, genera una contribución al producto interno bruto (PIB) superior al 2% y se encuentra en franco crecimiento (Burgueño-Salas, 2020), es decir la riqueza derivada se reparte de manera diferenciada y desigual. La principal víctima del modelo de desarrollo capitalista industrial en México históricamente ha sido el campesino (Warman, 1976).

Resulta entonces sencillo relacionar la política agrícola como prioridad nacional que favoreció la apertura del mercado a los consorcios internacionales de agroquímicos y semillas so pretexto de incrementar el rendimiento de los granos básicos de interés global, y de esta manera, fortalecer la economía de un país en vías de desarrollo -bajo una lógica sectorial de desarrollo rural-, sin tener en mente un enfoque territorial¹⁰ y las necesidades

¹⁰ El de territorio corresponde a una construcción social manifiesta en múltiples niveles de escalas espaciales distintas. El territorio se configura por dos tipos de relaciones: las que se establecen entre

reales del sector agropecuario (Cano, 2014). Esto representó un nicho de oportunidad económica para las transnacionales, que impactó [impacta] significativamente las relaciones entre productores nacionales de alimentos, los distribuidores y consumidores, ya que las corporaciones le establecen al agricultor qué y cómo se produce, y al consumidor qué y cómo se consume (Carpintero, 2005) a medida en que estas empresas se consolidaron y adquirieron mayor independencia en sus decisiones respecto de los Estados (McMichael, 2002). Desde hace varios años en México se ha duplicado el uso de plaguicidas (OMS, 1992b), alcanzando el segundo lugar a nivel América Latina (Heno *et al.*, 1993). Ejemplo de la influencia de los consorcios agrícolas en la cuenca, es la densificación de establecimientos que expenden agroquímicos, por cada bachillerato en el municipio de La Independencia hay 12 agro-veterinarias (DENUE, 2019).

Los beneficios económicos -que no se distribuyen de forma homogénea- de la agricultura en el país se han alcanzado a costos cada vez mayores, estimaciones recientes señalan que Chiapas ha perdido alrededor del 55% de sus bosques (TNC, 2018), donde las funciones ecosistémicas se ven comprometidas en mayor escala debido a transformaciones antropogénicas inducidas por el sector agropecuario.

Sistematización-estrategia de intervención

A nivel CRGC-LM la agricultura es la actividad productiva y modo de vida principal (SEMARNAT, 2012), abarca cerca del 33% de su superficie total (Alvarado-Velázquez, 2015) y contribuye de forma concomitante al deterioro de la cuenca debido al uso intensificado de agroquímicos, convirtiéndola en una de las más contaminadas a nivel nacional (Escobar, 2002). Este fenómeno deja de manifiesto la violación al derecho humano al *Medio ambiente sano*, que se liga directamente con el derecho a la vida digna y a la salud de las

los seres humanos y las que existen entre estos y el resto de los componentes biofísicos del planeta. Por ello, los territorios no están dados ni preexisten a los seres humanos, se estructuran y modifican según las formas que adopta la articulación de las relaciones señaladas; constituyen, por lo tanto, la expresión histórica de las dimensiones espacio y tiempo. Morales, F. y Jiménez, F. (2018). Fundamentos del enfoque territorial: Actores, dimensiones, escalas espaciales y sus niveles. México, CEIICH UNAM.

personas (Anglés, 2016), así también, denota el incumplimiento del Artículo 4° Constitucional párrafo quinto¹¹, que indica: “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar”. Mundialmente se ha documentado que la degradación de los servicios de los ecosistemas contribuye a la acentuación de la pobreza, de las injusticias sociales y disparidades entre las personas (Corvalan *et al.*, 2005) y es la base de muchas enfermedades (Charron, 2014; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997); bajo esta línea, merece la pena resaltar que las tres localidades estudiadas se encuentran en grados de marginación¹² alto y muy alto (CONAPO, 2010).

La adopción [imposición] de la agricultura extensiva y dependiente de insumos externos (i.e. agroquímicos, paquetes tecnológicos, etc.), obedece a las presiones del mercado, a un sistema alimentario globalizado y dominante que generan un metabolismo insostenible (Carpintero, 2005). Basta mencionar como evidencia que diez empresas manejan un tercio del mercado mundial de semillas, como Bayer que, a su vez, forma parte de la decena de transnacionales que controlan el 80% del mercado de insumos químicos (Montagut y Diogliotti, 2006), y es uno de tantos consorcios que tiene presencia en la CRGC-LM. Resulta entonces indispensable reconocer la importancia de ligar los modelos de desarrollo económicos con los impactos ambientales, sociales y sus consecuentes riesgos a la salud (Riojas-Rodríguez *et al.*, 2013; Sachs *et al.*, 2010; Ceccon, 2008).

El uso-manejo de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas en la CRGC-LM es diferenciado y depende de los cultivos preponderantes en cada una de las localidades, ya que los requerimientos de plantaciones de cereales, frutos y hortalizas, entre otros, no son homogéneos (FAO, 2013). Esta práctica ha contribuido a la modificación de la calidad del

¹¹ “Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”. Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH). (2016). El derecho humano al medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar.

¹² El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la distribución de la población en localidades pequeñas. CONAPO (2004). Índice absoluto de marginación, 1990-2000. México.

agua disponible en los ríos de la cuenca (Alvarado-Velázquez, 2017; González y Palacio, 2013), la cual, a su vez, afecta directamente a las poblaciones humanas que se abastecen de ellos (Espinosa-García, 2018), así como a los organismos vivos (peces) que los habitan (Ortíz-Haro, 2017; CICOPLAFEST, 1991). A partir de los trabajos de Ortíz-Haro, 2017 y Alvarado-Velázquez, 2017, se denota la relación existente entre la calidad de agua a lo largo de la CRGC-LM y la riqueza ictiofaunística, las cuales tienden a disminuir conforme se recorre la cuenca alta, media y baja. Los peces en los cuerpos de agua próximos a la zona de agricultura de riego son ausentes (Ortíz-Haro, 2017).

La dominancia de los cultivos está dada por su rentabilidad (Cano, 2014), demanda, -siendo en la cuenca mejor pagados el frijol, el café y las hortalizas-, y aspectos culturales de la región (Vásquez & Méndez, 1994). En México, el jitomate, chile verde, cebolla, aguacate, limón y fresa fueron los productos que se produjeron en mayor cantidad durante el 2019 (Burgueño-Salas, 2020), correspondiendo salvo los dos últimos, a gran parte de los cultivos predominantes en El Triunfo gracias a la tecnificación de parcelas. A nivel nacional la producción de maíz (*Zea mays L.*) es la más voluminosa, sin embargo, en la cuenca básicamente se siembra para autoconsumo (principalmente la variedad de grano blanco) y forma parte de los cultivos de temporal (Espinosa-García, 2018; Alvarado-Velázquez, 2015). El maíz mejor pagado (\$3783.00/Ton) y menos producido en la CRGC-LM es el amarillo, variedad que se emplea mayormente para uso pecuario y la industria almidonera (SAGARPA, 2017).

En el afán de asegurar las cosechas de temporal, que suelen ser susceptibles a la variabilidad climática, fenómenos meteorológicos extremos y plagas, o para garantizar el rendimiento de la producción en los sistemas controlados con riego e invernaderos, los agricultores en la CRGC-LM, emplean diversas sustancias químicas sintéticas. Además de las enlistadas en resultados, que destacan por su frecuencia de uso, en la región, se consumen 7 plaguicidas (2, 4-D, Clorpirifos etil, Metamidofos, Clorotalonil, Friponil, Carbofurán y Clorfenapir) que han sido prohibidos en otros países al ser considerados *Altamente Peligroso* por la FAO y la OMS debido a su elevada incidencia de efectos adversos graves o irreversibles sobre la salud humana o el medio ambiente (PAN, 2021; CNDH, 2018), y dos

de ellos (*Paraquat* y *Metamidofos*) son de uso restringido en México, lo cual implica que para su compra-venta, es necesario contar con la recomendación escrita de un técnico oficial o privado que haya sido autorizado por el gobierno federal (CICOPLAFEST, 1996), condición que no se cumple. La vigilancia de dicha regulación se dificulta al existir una zona fronteriza con Guatemala en la CRGC-LM que es libre para el comercio y carece de aduana.

En las tres localidades de estudio, la propaganda visual y auditiva de agroquímicos es sumamente notoria; difunden mensajes en espacios públicos y generalmente también en los privados (i.e. calendarios, pintas de paredes particulares), donde sugieren que el uso de estos productos en los campos de cultivo “*aumentará de inmediato el rendimiento de la producción con menor trabajo*”, “*que hará ver más fuertes y sanas a las plantas*”, y “*miles de buenas razones más*”, etc., (Observación personal M.C.L, octubre, 2018). Los elementos anteriores, aunados a la comunicación interpersonal entre familiares, amistades y trabajadores de expendios de agro-insumos, persuaden a la población para su consumo.

Según Castells, 2011, todas las ‘Power Network’, redes de poder, ejercen su dominio al influir en la mente humana predominantemente a través de redes multimedia de comunicación masiva y que de acuerdo con la información que reciben sobre las condiciones externas, los individuos realizan cálculos para seleccionar opciones que maximicen su interés personal. Por lo tanto, no resulta extraño que, los mensajes citados en una población analfabeta o con educación básica trunca, económicamente dependiente de la agricultura, donde el 96% de los participantes emplea agroquímicos sintéticos, y que sus productos mejor cotizados corresponden a la demanda del mercado, conduzca a la progresiva eliminación de alternativas productivas por medio del discurso dominante (Castells, 2011) -es decir, la agro-industrialización del sistema alimentario-, donde no se promueve algo diferente al *status quo* y así se evita el conflicto (Crozier y Friedberg, 1990).

Además de los efectos ambientales y sociales del uso masificado de agroquímicos en la CRGC-LM, destacan también aquellos relacionados con la salud de quienes los manejan. En la exposición laboral y doméstica, la falta de equipo adecuado para su uso-manejo, la subestimación de la toxicidad de los productos, las prácticas no aptas en campo

(i.e. mezclar las sustancias, comer o beber), las deficiencias en su almacenaje y descarte (OMS, 2004; FAO, 1997), y en el hogar (i.e. conservar los productos al interior de la casa, reutilizar los contenedores), suelen ser los factores de exposición más recurrentes (OMS, 2004; FAO, 1997). El sistema regulador de plaguicidas no aborda de forma rutinaria los efectos tóxicos de las diferentes sustancias combinadas y carece de métodos ampliamente aceptados para evaluar los riesgos para personas que potencialmente están expuestas a más de un plaguicida (Lewis *et al.*, 2016). Los factores de exposición mencionados se encuentran relacionados con la poca o nula capacitación recibida para la adecuada gestión de los productos, por lo tanto, representa un área de oportunidad que puede ser aprovechada para impactar en el uso seguro de agroquímicos.

Dependiendo del grado de exposición [aguda o crónica], se es más o menos susceptible a la intoxicación no intencional (accidental u ocupacional) por plaguicidas, fenómeno que desde hace al menos tres décadas se ha considerado un grave problema de salud pública (Boedeker *et al.*, 2020) y principalmente en los países subdesarrollados. A pesar de que ninguno de los participantes entrevistados refirió haber sufrido envenenamiento accidental por los agroquímicos, más del 70% de ellos ha presentado síntomas de intoxicación aguda como: estornudos, dolor de cabeza, irritación en garganta y ojos, náuseas, escozor en la piel, entre otros (CSG, 2011), durante y posterior a la aplicación de las sustancias.

En Chiapas, el nivel de intoxicaciones humanas por agroquímicos para 2018 fue alta, sin embargo, la tendencia varía anualmente (CENAPRED, 2019). Ante esta situación, se debe considerar que, la mayoría de los casos no son registrados (Boedeker *et al.*, 2020) debido a que los afectados no solicitan atención médica (Jeyaratnam, 1990) – situación que comparten el 100% de los agricultores de la cuenca-, son mal diagnosticados y que los instrumentos de política pública para su monitoreo se centran en las muertes y no en las personas que sufren envenenamiento agudo no fatal por plaguicidas (DESA, 2021). Bajo esta dinámica, las consecuencias en la salud a corto, mediano y largo plazo, como la pérdida de calidad de vida, la pérdida de bienestar y en muchas ocasiones la pérdida de capacidad para trabajar, no se evidencian (Boedeker *et al.*, 2020).

La magnitud, trascendencia e información de las intoxicaciones agudas y crónicas por plaguicidas es imprecisa y contradictoria en México y a nivel global (Nava, 2003; Sánchez *et al.*, 1999). A la actualidad, no contamos con un sistema de datos abiertos actualizado que permita conocer a distintas escalas la cantidad de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) que se consumen, importan y exportan, así como el número de intoxicaciones no intencionales relacionadas directamente con dichos productos o el seguimiento de la salud de los agricultores. En México, como en otros países latinoamericanos, en la práctica, la salud ambiental continúa siendo una prioridad de segundo orden (Riojas-Rodríguez *et al.*, 2013).

Si se observa a la salud mediante un enfoque integral de ecosalud (Charron, 2014; Waltner-Toews *et al.* 2008; Lebel, 2003; Forget y Lebel, 2001; Forget, 1997), es decir, como un fenómeno multifactorial de interacciones entre los individuos y los contextos, donde es imprescindible considerar las relaciones entre los factores biológicos, medioambientales, sociales, económicos y de estilos de vida (Roa y Pescador, 2016; Charron, 2014; Villar, 2011); resulta más sencillo comprender que la tasa de intoxicación por plaguicidas se vincula estrechamente con el modelo económico imperante y con las demandas del mercado de alimentos, que a su vez, generan pérdidas de servicios ecosistémicos por la producción extensiva de alimentos y dependiente de insumos químicos, la cual finalmente conlleva impactos negativos ambientales como los observados en la CRGC-LM (mala calidad de agua, eutrofización, pérdida de riqueza ictiofaunística) y directamente en el bienestar de los trabajadores del sector agrícola, al vulnerarse el derecho al *Medio ambiente sano* y a un *trabajo seguro*¹³.

Para Roa y Pescador (2016), la salud de las personas también depende de su capacidad de crear una relación armoniosa con el ambiente y de las acciones que el individuo realiza para mantener la integridad de estos ambientes naturales. En la CRGC-LM

¹³ Según los principios de las Naciones Unidas, la OMS y la OIT (Oficina Internacional del Trabajo) y la Declaración de Seúl de 2008, todo ciudadano del mundo tiene derecho a un trabajo saludable y seguro y a un entorno laboral que le permita vivir una vida socialmente gratificante y económicamente productiva.

más del 60% de los agricultores participantes considera que su salud no se ha visto afectada o comprometida por el uso-manejo de agroquímicos en las parcelas de trabajo, es decir, la percepción de riesgo para la salud asociada a la gestión de estos insumos es baja (29% a nivel global) y diferenciada entre comunidades, ya que dicha concepción es subjetiva y resulta de la intersección entre factores biológicos, sociales y psicológicos (Bustos-Vázquez *et al.*, 2017), pero no por ello deja de ser un indicador simple, completo y relevante para estudiar el estado de la salud (Bustos-Vázquez *et al.*, 2017; Idler & Benyamini, 1997).

En términos generales, la localidad que goza de mejor percepción de salud es Tzisco, dado que los gradientes representados para describirla son: excelente, muy buena, buena y regular, seguida de Juznajib-La Laguna cuya percepción es de buena a regular y, por último, El Triunfo, que va de muy buena a mala. Esta información inconscientemente - ya que no se reconoce la afectación significativa de los agroquímicos sobre la salud-, podría estar relacionada con las frecuencias absolutas de los productos empleados por localidad (Anexo IV), donde Tzisco es quien consume la menor cantidad de insumos, 58, seguida de El Triunfo con 80 y Juznajib-La Laguna con 93. A pesar de que en El Triunfo se emplea menor cantidad de productos en comparación de Juznajib-La Laguna, tienen la cualidad de ser más tóxicos. En este sentido, El Triunfo, es la localidad que denota mayor degradación ambiental (baja calidad de agua y riqueza de peces¹⁴) a diferencia de Juznajib-La Laguna ¹⁵ y Tzisco¹⁶ (Ortíz-Haro, 2017; Ortíz-Haro, en prensa), y muestra percepción menor de buena salud, ante Tzisco y Juznajib-La Laguna, así como el mayor porcentaje (29%) de afirmaciones de afectación a la salud por uso de agroquímicos en la CRGC-LM.

El hecho de que en ninguna de las localidades los agricultores recurran a los servicios de salud o los usen de forma recurrente, se asocia con la ausencia de una mala o muy mala autopercepción de salud (Bustos-Vázquez *et al.*, 2017). La comprensión de cómo se percibe la salud, puede ayudar a los profesionales de salud pública a priorizar intervenciones y

¹⁴ Punto de monitoreo 'Emiliano Zapata'.

¹⁵ Punto de monitoreo 'Los Riegos'.

¹⁶ Punto de monitoreo 'Lago internacional Tzisco'.

prevenir enfermedades (Phillips *et al.*, 2005), independientemente de la salud objetiva y los estilos de vida (Idler & Benyamini, 1997).

La percepción de afectación al ecosistema producto del uso de agroquímicos también es diferenciada entre localidades. Los participantes de Juznajib-La Laguna, reconocen mayores impactos al suelo, agua y animales, seguido de Tzisco y El Triunfo, comunidad que percibe los menores daños ambientales de la práctica agrícola con insumos sintéticos, pero sí el mayor detrimento de su salud. A pesar de que los participantes de Juznajib-La Laguna superan el 80% de consideración de afectaciones en las distintas matrices medioambientales, son quienes a nivel global tienen el consumo más densificado de agroquímicos pese a contar con el listado más breve de sustancias. Entre los factores que pueden explicar el suceso, está la incongruencia de valores, que se define como la diferencia entre la jerarquía de valores personales y la jerarquía de valores percibidos de un grupo u organización de referencia (McCoy, 1986); que, en el gremio agrícola, uno de los valores supremos es la producción, o bien, dentro de la esfera familiar, cubrir la necesidad de alimentación de los integrantes, independientemente del medio para ello.

Se ha documentado que la disminución de la salud y el bienestar humano tienden a aumentar la dependencia hacia los servicios ecosistémicos. Esta presión adicional puede comprometer o dañar la capacidad de carga de los ecosistemas (Corvalán *et al.*, 2005). Si el bienestar declina gradualmente, las oportunidades para regular el aprovechamiento de los recursos naturales en niveles sostenibles se reducen, puesto que las necesidades inmediatas adquieren prioridad, condición que puede crear una espiral descendiente de creciente pobreza y más degradación ambiental (Corvalán *et al.*, 2005).

Para evitar que se produzcan enfermedades y lesiones a la humanidad causadas por la perturbación de los ecosistemas hay dos estrategias: 1) Prevenir, limitar o manejar el daño ambiental (mitigación) y 2) Hacer cambios adaptativos para proteger a los individuos y a las poblaciones de las consecuencias adversas del cambio en los ecosistemas (adaptación) (Corvalán *et al.*, 2005). Sin embargo, al hablar del sistema alimentario y las desigualdades que genera, es necesario apelar a los cambios estructurales, de fondo, lo que

implica un desafío para diagnosticar los múltiples procesos que ocurren en los sistemas socioecológicos complejos y anidados, y no solo recomendar una solución simplificada (Ostrom *et al.*, 2007). Empero, eso involucra una larga trayectoria que sin duda vale la pena caminar para construir aprovechamientos más seguros, socialmente justos, ambientalmente sostenibles y económicamente viables, de forma simultánea o mientras tanto, prevenir, limitar o manejar el daño, también resulta deseable.

*A partir de las redes obtenidas del análisis cuantitativo, se concluye que el área de intervención a nivel global en la CRGC-LM para contribuir a una gestión segura de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas, es la **capacitación y sensibilización de los expendedores y consumidores de agroquímicos**. Donde atender los temas de uso-manejo adecuado de las sustancias y su descarte, protección personal, toxicidad (efectos a la salud humana y el ambiente), mezclas entre productos y responsabilidad social, son de carácter obligatorio, ya que se relacionan intrínsecamente con la salud de los agricultores, sus familias y el estado de degradación de los ecosistemas en la zona de los cuales obtienen su sustento.*

Esto permitirá la optimización de recursos y esfuerzos en el sector por parte de las autoridades, actores diversos, los/las agricultores/as, empresas o los/las tomadores/ras de decisiones correspondientes. *Asimismo, la **disposición general de los participantes para transitar hacia la implementación de agroquímicos orgánicos es un gran nicho de oportunidad** en la actual transición hacia la eliminación gradual al 2024 del glifosato y de los agroquímicos utilizados en el país que contengan este activo y para la salud pública.*

A pesar de que el presente estudio tiene diversas limitantes, como haberse realizado con una muestra poblacional menor, el no contar con datos disponibles y transparentes de la salud probada de los participantes -es decir, medida con estudios de laboratorio y pruebas diagnósticas funcionales-, datos más actualizados de calidad de agua/peces y la falta de integración de variables no transformables a numeración binaria en la red, permitió generar un modelo matemático que con la adopción de otros sistemas

de apoyo, conforman una herramienta para la toma de decisiones, los cuales son instrumentos vitales para la evaluación y gestión de los riesgos asociados a los agro-insumos.

11. Comentarios finales

- Es necesario el fomento, fortalecimiento y recuperación de prácticas agrícolas sostenibles- en amplio sentido-, que contribuyan a la autonomía del/la productor/a, la justicia social, el cuidado ambiental y la soberanía alimentaria.
- La geología kárstica del territorio es determinante en la definición de la ruta que siguen los agroquímicos en el ambiente, al haber mayor infiltración de agua al sistema de acuíferos locales y regionales, el uso de las sustancias puede representar un riesgo para la salud de los socioecosistemas que se ubican más allá de los límites geopolíticos de la cuenca.
- A nivel CRGC-LM contar con un monitoreo permanente de la calidad de agua y/o peces permitiría generar inferencias respecto a la gestión de agroquímicos.
- La percepción de salud puede ser una herramienta económica que aporte información significativa para el seguimiento de la salud ocupacional y para el diseño de intervenciones contextualizadas.
- Es necesario que las corporaciones y expendios de agroquímicos se comprometan seriamente con la seguridad de sus clientes y el ambiente. Ejemplo de ello sería brindar capacitaciones periódicas, seguimiento técnico (i.e. venta exclusiva con receta) y otorgar de forma gratuita el equipo de bioseguridad para la aplicación de sustancias o bien, comercializarlo a un precio accesible a todo público especialmente calculado para cada región; así como encargarse de recolectar los contenedores (i.e. envases, bolsas) vacíos de los productos que ellos mismos producen y venden.
- Urge la coherencia de políticas públicas agrícolas, de conservación y bienestar social.

12. Referencias

- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology* 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- Altamirano, J. E., Franco, R., & Bovi Mitre, M. G. (2004). Epidemiological model for the diagnosis of acute intoxication by pesticides. *REVISTA DE TOXICOLOGIA*, 21(2/3), 98-102.
- Alvarado Velázquez, J. (2015). Evaluación espacial de la contaminación potencial puntual y difusa en la cuenca del Río Grande, Comitán Chiapas. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 80 p. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2015/enero/409021662/Index.html>
- Alvarado Velázquez, J. (2017). Evaluación del transporte de sedimentos y la calidad del agua, utilizando swat, en el Río Grande de Comitán, Chiapas. Tesis de maestría. ICMYL, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 46 p. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2017/noviembre/409021662/Index.html>
- Anglés, M. (2016). Derecho a un medio ambiente sano en México: de la constitucionalización a la convencionalidad en Carbonell, M., & Cruz. *Historia y Constitución. Homenaje a José Luis Soberanes Fernández*, 1, 35-58.
- Ávila García, Daniela. (2015). Capacidades locales para la conservación de los lagos de Montebello, Chiapas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 88 p.
- Barajas García, F. A. (2017). Análisis de nutrientes en río, pozos y norias de la cuenca del Río Grande de Comitán, Chiapas, México. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 104 p. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2017/octubre/307521792/Index.html>
- Baker, T. J., & Miller, S. N. (2013). Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. *Journal of Hydrology*, 486, 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.041>
- Barton, C. C., & S.C., S. (2013). Environmental Toxicology: Hazardous Waste. In D. R. Tobergte & S. Curtis (Eds.), *Information Resources in Toxicology* (Cuarta Ed. 53, pp. 239–245). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bertram, D. (2008). *Likert Scales... are the meaning of life*. Topic report: Recuperado de <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~kristina/topic-dane-likert.pdf>.
- Boedeker W, Watts M, Clausing P, Marquez E. (2020). The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health* 20:1875. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09939-0>
- Bolivia, F. P. (2008). Manual de diagnóstico tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas por plaguicidas. In *Manual de diagnóstico tratamiento y prevención de intoxicaciones agudas por plaguicidas* (pp. 168-168).
- Borello, Julieta. (2019). Plaguicidas en el ambiente: comportamiento y análisis. Instituto de Ingeniería, Ciudad Universitaria. Curso 27-29 noviembre de 2019.

- Burgueño-Salas. (2020). El sector agrícola en México – Datos estadísticos. Disponible en: <https://es.statista.com/temas/7029/el-sector-agricola-en-mexico/>
- Bustos-Vázquez, E., Fernández-Niño, J. A., & Astudillo-García, C. I. (2017). Autopercepción de la salud, presencia de comorbilidades y depresión en adultos mayores mexicanos: propuesta y validación de un marco conceptual simple. *Biomédica*, 37, 92-103.
- Carabias, J., De la Maza, J., & Cadena, R. (2015). Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona. Natura y Ecosistemas Mexicanos AC, México.
- Cano, J. E. S. (2014). La política agrícola en México, impactos y retos. *Revista mexicana de agronegocios*, 35, 946-956.
- Carpintero, Ó. (2005). El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000), Tegui, Lanzarote, Fundación Óscar Manrique. 635 pp.
- Castells, M. (2011). "A network theory of power". *International Journal of Communication* 5: 773-787.
- Ceccon, Eliane. (2008). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias* núm. 91, julio eptiembre. 20-29 pp.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2019). Visualización de eventos sanitario-ecológicos. Intoxicación por plaguicidas, municipio de La Independencia, Chiapas. <http://rmgir.proyectomesoamerica.org/ANR/apps/fenomenos/>
- Charron, D. (2014). La investigación de ecosalud en la práctica Aplicaciones innovadoras de un enfoque ecosistémico para la salud. España. Plaza y Valdés editores. pp. 11-29.
- Chen, S. H., Chin, C. H., Wu, H. H., Ho, C. W., Ko, M. T., & Lin, C. Y. (2009). Cyto-Hubba: A Cytoscape plug-in for hub object analysis in network biology. In 20th International Conference on Genome Informatics.
- Christensen, K. (2002). Percolation theory. *Imperial College London*, 1.
- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). (1996). Catálogo Oficial de Plaguicidas. Plaguicidas prohibidos y restringidos en México.
- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST). (1991). Catálogo Oficial de Plaguicidas.
- Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH). (2018). EXPEDIENTE CNDH/6/2017/5373/Q Recomendación No. 82/2018 Sobre la violación a los derechos humanos a la alimentación, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, por el incumplimiento a la obligación general de debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas de alta peligrosidad, en agravio de la población en general.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2006). Capital natural y bienestar social. México. Gaia Editores. pp. 21-30.

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2009. Gobierno del Estado de Chiapas, Instituto Estatal del Agua. Plan de Gestión de la Cuenca del Río Grande- Lagunas de Montebello, Chiapas, México. CONAGUA. México: 168 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2007. Programa de conservación y manejo: Parque Nacional Lagunas de Montebello. Ed. SEMARNAT. México: 197 pp.
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2010). Índice de Marginalidad por localidad. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010
- Consejo de Salubridad General (CSG). (2011). Prevención primaria, diagnóstico precoz y tratamiento oportuno de la intoxicación aguda por agroquímicos en el primer nivel de atención. Guía Práctica Clínica, Parte, 2(10).
- Corvalan, C., Hales, S., McMichael, A., Butler, C. (2005). ECOSYSTEMS AND HUMAN WELL-BEING: HEALTH SYNTHESIS. A report of the Millennium Ecosystem Assessment. Geneva: World Health Organization. 2005, 53 p. ISBN 92 4 156309 5.
- Cremlyn, R. (1990). Pesticides preparation and mode of action. John Willey and Sons N.Y. U.S.A. Pp. 99-135.
- Crozier, M. y Friedberg, E. (1990). El actor y el sistema: Las restricciones de la acción colectiva. Resumen. 4 pp.
- Cytoscape. (2019). ¿Qué es y qué hace Cytoscape? Disponible en: https://cytoscape.org/what_is_cytoscape.html#section-image1
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 8. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- De la Lanza-Espino, G., & Hernández-Pulido, S. (2014). Organismos acuáticos como indicadores de cambios ambientales: características, elección, interpretación, monitoreo. Ventajas y desventajas. *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México*, 41-64.
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). (2019). Establecimientos económicos. Agroveterinarias, municipio de La Independencia, Chiapas.
- Del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y epidemiología*, 52(3), 372-387.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (DESA). (2021). Sustainable development goal 3 - Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages. Sustainable Development Goals Knowledge Platform. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs; 2020. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg3>
- Eldrige, B. F. (2008). Pesticide Application and Safety Training for the Applicators of Public Health

Pesticides. Davis. Recuperado de
[https://www.cdph.ca.gov/Programs/CID/DCDC/CDPH
Library/VCTManual-PestApplandSafetyTngAppHPHPesticides.pdf](https://www.cdph.ca.gov/Programs/CID/DCDC/CDPH%20Library/VCTManual-PestApplandSafetyTngAppHPHPesticides.pdf) Document

- Estrada, I. A. (2019). Evaluación del riesgo a la salud de mujeres embarazadas por exposición a plaguicidas organoclorados en una zona cañera en Tlatizapán de Zapata, Morelos, México. Tesis de maestría en Ciencias de la Sostenibilidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 101 p.
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Organización de las Naciones Unidas, Santiago de Chile. 68 pp.
- Espinosa-García, S. (2018). Análisis de la vulnerabilidad de la población ante el deterioro de los sistemas de abastecimiento de agua en la cuenca del Río Grande de Comitán, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias de la Sostenibilidad. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 79 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). Codex Alimentarius. Glosario De Términos <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/glossary/es/>
- (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. <http://www.fao.org/3/i3361s/i3361s.pdf>
 - (2006). Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. Roma. Versión revisada.
 - (2003). International code of conduct on the distribution and use of pesticides. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.1201/b11064-16>
 - (2002). *Los Fertilizantes y su uso una Guía de Bolsillo para los Oficiales de Extensión*. Food & Agriculture Org. <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
 - (1997). Lucha contra la Contaminación de los Recursos Hídricos. FAO. 200 pp.
 - (1994). Manual de campo sobre desarrollo forestal comunitario. Roma, 1994. Disponible en: <http://www.fao.org/3/u1310s/u1310s07.htm#Observaci%C3%B3n%20activa%20y%20pasiva>
- Fausch, K. D., Torgersen, C. E., Baxter, C. V., & Li, H. W. (2002). Landscapes to riverscapes: bridging the gap between research and conservation of stream fishes: a continuous view of the river is needed to understand how processes interacting among scales set the context for stream fishes and their habitat. *BioScience*, 52(6), 483-498.
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 26, pp. 155-171). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.
- Forget, G. (1997). From Environmental Health to Health and the Environment: Research that Focuses on People. En: Shahi, G. S., Levy, B. S., Binger, A., Kjellstrom, T., y Lawrence, R. (eds.). *International Perspectives on Environment, Development and Health: Towards a Sustainable World*, Springer, Nueva York (ny), Estados Unidos.
- y Lebel, J. (2001). An Ecosystem Approach to Human Health. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 7 (2) (suppl.), S3-38.

- García, E. E. M. (2017). Estimación del estado trófico de 18 lagos del Parque Nacional "Lagunas de Montebello", Chiapas, México (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de México).
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P. & Godfray, H. C. J. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.
- González, M., y Palacio, J. (2013). Nutrientes y carbono orgánico disuelto en el agua natural para un proceso de potabilización y su relación con el nivel del embalse afluente. *Revista Politécnica, Colombia*, 9(17): 27-37.
- Grovermann, C., Schreinemachers, P., Riwthong, S., & Berger, T. (2016). 'Smart' policies to reduce pesticide use and avoid income trade-offs: An agent-based model applied to Thai agriculture. *Ecological Economics* 132(2017), 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.031>
- Guzmán-Plazola, P., Guevara-Gutiérrez, R. D., Olgún-López, J. L., & Mancilla-Villa, O. R. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia (Arica)*, 34(3), 69-80.
- Henao, S., Finkelman, J., Albert, L., De Koning H.W. (1993). Plaguicidas y salud en las Américas, Serie ambiental No. 12, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, OPS/OMS, junio 1993: 16-17.
- Hernández, M. M., Jiménez, C., Jiménez, F. R., & Arceo, G. (2007). Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del Estado de México, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 23(4), 159-167.
- Ibarra, A. A. (2005). Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. *Revista Digital Universitaria*. Vol.6, No.8 ISSN: 1607 – 6079.
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). (2008). *Agriculture at a Crossroads. Global Report* Disponible en: [http://www.agassessment-watch.org/report/Global%20Report%20\(English\).pdf](http://www.agassessment-watch.org/report/Global%20Report%20(English).pdf)
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2017). *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Disponible en: http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php
- Idler, E. & Benyamini, Y. (1997). Self-rated health and mortality: A review of twenty-seven community studies. *J Health SocBehav*. 1997;38:21-37.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2015). *Panorama sociodemográfico de Chiapas 2015*. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/panorama/702825082154.pdf
- (2014). *Agricultura. Superficie por tipo de uso de suelo, por entidad federativa*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/#Tabulados>
- (2010). *Marco geoestadístico*.

- (2007a). Conjunto de datos vectoriales Red hidrográfica. 1:50 000. Edición 2.0. Subcuenca RH30GI-R. Comitán, Chiapas, México.
- (2007b). Panorama agropecuario en Chiapas. Censo agropecuario (2007). http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/panora_agrop/chis/Panagrochis1.pdf
- Jeyaratnam, J. (1990). Acute pesticide poisoning: a major global health problem. *World Health Stat Q.* 1990;43:139–44.
- Juárez, H. E. L. (2014). Análisis Hidrogeoquímico de la cuenca del Río Grande Comitán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México: 107 pp.
- Laguna, B., & Alberto, C. (2017). *Diseño de un Instrumento Tipo Escala Likert para la Descripción de las Actitudes hacia la Tecnología por parte de los Profesores de un Colegio Público de Bogotá* (Doctoral dissertation, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Bolivia, 2008.
- Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., & Thomas, C. J. (2012). Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability science*, 7(1), 25-43.
- Lebel, J. (2003). *In Focus: Health: An Ecosystem Approach*. Ottawa: International Development Research Centre.
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064.
- Linde, C. D. (1994). Physico-Chemical Properties and Environmental Fate of Pesticides. Environmental Hazards Assessment Program. Sacramento, Cal. Disponible en: <http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/ehapreps/eh9403.pdf>
- Lohman, P., Sankaranarayanan, K., & Ashby, J. (1992). Choosing the limits to life (Commentary). *Nature* 355, 242–244. <https://doi.org/10.1038/355242a0>
- López-Carrillo, L. (1993). Exposición a plaguicidas organofosforados. In *Exposición a plaguicidas organofosforados* (pp. 89-89).
- Madeley J. (2002). Paraquat el controvertido herbicida de Syngenta. Informe para Berne Declaration. Foro Emaús. www.evb.ch 8.
- Matas, A. (2018). Likert-type scale format design: state of art. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(1), 38-47.
- Mccooy, W. J. (1986). Value incongruence and occupational stress and strain: An exploratory study (Doctoral dissertation, The University of Nebraska-Lincoln).
- McMichael, Philip. 2002. "Global development and the corporate food regime". Ponencia presentada en el Symposium on New Directions in the Sociology of Global Development, XI World Congress of Rural Sociology, Trondheim, July.

- Merino, L. (2012). Las condiciones de las comunidades forestales mexicanas y la política pública. Recuento de desencuentros. En *La naturaleza en contexto. Hacia una ecología política mexicana*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias de Ciencias y Humanidades. UNAM. México. 338 pp.
- Miglioranza, K., Gonzalez, M., Ondarza, P., Shimabukuro, V., Isla, F., Fillmann, G. Moreno, V. J. (2013). Assessment of Argentinean Patagonia pollution: PBDEs, OCPs and PCBs in different matrices from the Río Negro basin. *Science of the Total Environment* 452–453, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.055>
- Minns, K., Cairns, V., Randall, R. y Moore, J. (1994). An index of biotic integrity (IBI) for fish assemblages in the littoral zone of Great lakes' areas of concern. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51:1804-1822.
- Montagut, X. y Dogliotti, F. (2006). *Alimentos globalizados*. Barcelona: Icaria. 200 pp.
- Mora, L., Bonifaz, R. y López-Martínez, R. (2016). Unidades geomorfológicas de la cuenca del Río Grande de Comitán, Lagos de Montebello, Chiapas-México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 68(3), 377–394.
- Morales, F. y Jiménez, F. (2018). *Fundamentos del enfoque territorial: Actores, dimensiones, escalas espaciales y sus niveles*. México, CEIICH UNAM. 93 pp.
- Naranjo, F., Gómez, M., Martínez, A., y Gallego, S. (2007). Calidad del agua en la parte alta de las cuencas Juan cojo y El salado, Colombia. *Facultad Nacional de Agronomía, Colombia*. 3735–3749.
- Nava, M. E. P. (2003). Aplicación de un instrumento para evaluar exposición a plaguicidas organofosforados, efectos agudos y subagudos en la salud de trabajadores agrícolas. *Rev Fac Med UNAM*, 46(1), 22-27.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). Pesticides residues in food. Disponible en: <http://who.int/mediacentre/factsheets/pesticide-residues-food/en/>
- (2017). Pesticides. Disponible en: <http://www.who.int/topics/pesticides/en/>
- (2004). *Prevención de los riesgos para la salud derivados del uso de plaguicidas en la agricultura* (No. WHO/SDE/OEH/01.8). Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- (1992a). *Our planet, our health Report of the WHO Commission on Health and Environment*. Génova, Italia. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/37933/1/9241561483.pdf>
- (1992b). *Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas: informe del Director General sobre los progresos realizados* (No. A45/16). Organización Mundial de la Salud.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Ortiz-Haro, A. (2017). Cambios en la estructura de la comunidad íctica a lo largo de un gradiente de perturbación ambiental, en el río Grande de Comitán, Chiapas. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en ciencias biológicas. México: 68 pp.

- Ostrom, E., Janssen, M. A., & Anderies, J. M. (2007). Going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(39), 15176-15178.
- Otzen & Manterola. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Int. *J. Morphol.*, 35(1):227-232, 2017.
- Pesticide Action Network International (PAN). (2021). International List of Highly Hazardous Pesticides. PAN, Alemania. Pp. 22
- Pedrozo-Acuña & Ramírez-Salinas. (2020). Eutrofización de cuerpos de agua: un síntoma antropogénico que requiere atención. *PERSPECTIVAS IMTA* N° 8, 2020. DOI: doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-08.
- Pérez, R., y Aguilar, A. (2012). Agricultura y contaminación del agua. Instituto de Investigaciones Económicas UNAM. Ciudad de México, México.
- Phillips L., Hammock, R., Blanton, J.M. (2005). Predictors of self-rated health status among Texas residents. *Prev Chronic Dis*. 2005;2:A12.
- Pingali, P. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *PNAS* 109 (31) 12302-12308.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2004). Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible: Indicadores 2004. Washington. pp. 60-65.
- Pesticide Residues Committee. (PRC). 2020. Glosario de salud y seguridad. Disponible en: <http://www.pesticides.gov.uk/prc.asp?id=2673>
- Prüss-Üstün, A., y Corvalán, C. (2006). Preventing Disease Through Healthy Environments: Towards an Estimate of the Environmental Burden of Disease. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. Disponible en: www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdiseasebegin.pdf
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor*, 4(2), 67-75.
- Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina, (RAP-AL). (2007). Cuba reduce el uso de plaguicidas químicos en 50 %. Santiago de Chile. Disponible en: http://www.rap-al.org/index.php?seccion=8&f=news_view.php&id=207
- Riccioppo, R. (2011). Agroquímicos: Sus efectos en la población-Medidas de prevención. *Comisión de Trabajo Médico, Colegio de Médicos Distrito-VII*.
- Roa, L. A., & Pescador, B. (2016). La salud del ser humano y su armonía con el ambiente. *Revista Med*, 24(1), 111-122.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., & Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *nature*, 461(7263), 472-475.
- Riojas-Rodríguez, H., Schilmann, A., López-Carrillo, L., & Finkelman, J. (2013). La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras. *Salud pública de México*, 55, 638-649.
- Rojas, J., & Vidal, R. (2008). Catálogo tipológico de humedales lacustres y costeros del estado de Chiapas. *Pronatura Chiapas AC, CONAGUA, SEMARNAT*.

- Rudel, R. A., & Perovich, L. J. (2009). Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air. *Atmospheric Environment*, 43(1), 170-181.
- Sachs, J., Remans, R., Smukler, S., Winowiecki, L., Andelman, S., Cassman, K., Castle, D., DeFries, R., Denning, G., Fanzo, J., Jackson, L., Leemans, R., Lehmann, J., Milder, J., Naeem, S., Nziguheba, G., Palm, C., Pingali, P., Reganold, J., Richter, D., Scherr, S., Sircely, J., Sullivan, C., Tomich, T. & Sanchez, P. (2010). Monitoring the world's agriculture. *Nature* volume 466, 558–560
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA). (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Maíz grano blanco y amarillo mexicano. SAGARPA. Pp. 28.
- SAGARPA-Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). (2007a), Plan Rector de Producción y Conservación, Microcuenca Juznajib La Laguna, Comitán Chiapas.
- SAGARPA-FIRCO. (2007b), Plan Rector de Producción y Conservación. Microcuenca El Triunfo, La Independencia Chiapas.
- Sánchez, E., Álvarez, L., Ferreira, G., Anaya, L., Kuri, M.P. (1999). Proyecto Piloto del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Intoxicaciones por Plaguicidas en los Estados de Sonora y Sinaloa, México. Memorias de la III Reunión de Investigación en Salud en el Trabajo, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Enero 1999.
- Sarandón, J. y Flores, C. (Coord.). (2014). Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014.
- Schwarzenbach, R. y Egli, T. (2010). Global water pollution and human health. *Annual Review* 35(1):109–136.
- Schwarzenbach, R. P., Escher, B. I., Fenner, K., Hofstter, T. B., Johnson, C. A., Gunten, U. y Wehrli, B. (2006). The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science* 313: 1072–7.
- Sebby, K. (2010). “The Green Revolution of the 1960's and Its Impact on Small Farmers in India”. Environmental Studies Undergraduate Student Teses. Paper 10. University of Nebraska at Lincoln. DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln.
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2010). Catálogo de localidades. Microrregiones. Disponible en: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=070190067>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2015). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde. pp. 258-263.
- (2014). Los suelos de México. Disponible en: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen/03_suelos/cap3.html
 - (2012). Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial de los municipios de la subcuenca del Río Grande y Parque Nacional Lagunas de Montebello Chiapas. 85 pp. Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/transparencia/participacionciudadana/consultaspublicas/resumen_ejec_poer_cuenca_riogrande_lagunas_montebello.pdf

- Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (SEMAHAN). (2012). Bitácora Ambiental del estado de Chiapas: Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la cuenca del Río Grande y Parque Nacional Lagunas de Montebello.
- Soskolne, C. L., y Westra, L. (2010). Public Health in the Face of Global Ecological and Climate Change. En: Engel, J. R., Westra, L., y Bosselmann, K. (eds.). *Democracy, Ecological Integrity and International Law* (eds.). Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne, Reino Unido.
- Thundiyil, J. G., Stober, J., Besbelli, N., & Pronczuk, J. (2008). Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. *Bulletin of the World Health Organization*, 86, 205-209.
- The Nature Conservancy, (TNC). (2018). Chiapas ante el cambio climático. <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/donde-trabajamos/tnc-en-latinoamerica/mexico/historias-en-mexico/chiapas-ante-el-cambio-climatico/>
- Toledo, V. M. (2005). La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *Leisa Revista de agroecología*, 20(4), 16-19.
- Turner, B.L, Lambin, E.F, Reenberg, A. (2007). The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104: 20666–20671.
- Vargas-Hernández, J. G. (2005). El impacto económico y social de los desarrollos recientes en las políticas agrícolas y rurales e instituciones en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 2(2), 97-122.
- Vásquez, M. A. y E. Méndez. (1994). Aspectos generales de la región: Lagos de Montebello. Reporte del trabajo para el curso de conservación de naturaleza y recursos naturales, Maestría en Ciencias: Recursos Naturales y Desarrollo Rural, ECOSUR Chiapas. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México: 109 pp.
- Velázquez, E. y Vega, M. (2004). Los peces como indicadores del estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *CONABIO. Biodiversitas* 57:12-15
- Villar M. Factores determinantes de la salud: importancia de la prevención. *Acta Med Per*. 2011;28(4):237-241
- Waltner-Toews, D., Kay, J., Kay, J. J., & Lister, N. M. E. (Eds.). (2008). *The ecosystem approach: Complexity, uncertainty, and managing for sustainability*. Columbia University Press.

ANEXO I. Encuesta y entrevista semiestructurada

USO-MANEJO DE AGROQUÍMICOS Y PERCEPCIÓN DE SALUD

N° de encuesta: _____

IDENTIFICACIÓN GEOGRÁFICA	
Municipio:	Coordenadas:
Localidad:	
Fecha: / /	
Nombre del/la encuestador (a):	

I. INFORMACIÓN GENERAL DEL ENCUESTADO(A)	
1. Nombre:	
2. Sexo: (H) (M)	3. Edad (años):
4. Estado civil:	
5. Habla alguna lengua indígena: a) Sí__ b) No__ Cuál:	
6. Ocupación (es):	
7. Nivel máximo de estudios:	

II. GENERALIDADES DEL PREDIO	
1. Tipo de régimen de tierra: a) Propietario__ b) Renta__ c) Peón__ Otro: _____	
2. Vive en el predio donde trabaja: a) Sí__ Pase a la pregunta 4 b) No__	
3. Vive cerca del predio: a) Sí__ b) No__ Distancia de cercanía (m): _____	
4. Extensión aproximada de la zona de cultivo (ha):	
5. Cultivos que siembra:	
Temporal: _____	
De riego: _____	

III. USO Y MANEJO DE AGROQUÍMICOS

1. ¿Usa algún tipo de tecnología en la/s parcela/s (tractor, sistemas de riego, fertilizantes, plaguicidas, fungicidas, invernadero, plásticos para cubrir surcos, etc.)?

En caso de usar fertilizantes, plaguicidas o herbicidas pasar a la tabla 1.

Comentarios:

IV. SALUD

Por cada grupo de productos (fertilizante, plaguicida, herbicida) empleados responder la siguiente pregunta y tabla 2.

1. De las siguientes opciones, por cuáles cree que el agroquímico pudiera tener contacto

con usted: a) Nariz__ b) Piel__ c) Boca__ d) Ojos__

Otras:

2. Después de aplicar el agroquímico, ha sentido alguno de los siguientes síntomas.

Tabla 2. Síntomas posteriores a la aplicación		
Síntoma	Sí	No
1. Estornudos		
2. Mareos		
3. Dolor de cabeza		
4. Irritación en los ojos/conjuntivitis		

5. Picazón		
6. Irritación en la garganta		
7. Somnolencia/sueño		
8. Tos		
9. Náuseas		
10. Sarpullido/ronchas		
11. Dolor de estómago		
12. Enrojecimiento de manos		
13. Dificultad para respirar		
Otros:		

Comentarios:

Responder las siguientes preguntas por grupo de sustancias aplicadas.

3. **Cuando tiene malestares por la aplicación de los agroquímicos ¿qué hace para sentirse mejor?**

4. **Después de presentar algunos de los síntomas anteriores, ¿por lo general dónde se atiende?**
 a) IMSS ___ b) ISSSTE ___ c) IMSS Oportunidades ___ d) SSA seguro popular ___
 e) Consultorio dependiente de farmacia ___ f) Médico privado ___ g) Curandero (a) ___
5. **¿Cuánto tiempo tarda en llegar al lugar donde se atiende? ___ horas ___ minutos**
6. **¿Por qué motivo se atiende en ese lugar? Marca varias opciones**
 a) Tiene afiliación ___ b) Está cerca de su casa ___ c) Es barato ___ d) Conoce al médico/ curandero ___ e) Lo atienden rápido ___ f) Le gusta como lo tratan ___

V. COMPORTAMIENTOS Y SALUD

Por cada grupo de productos empleados responder las siguientes preguntas.

1. **¿Después de la aplicación del producto cuánto tiempo espera para regresar a la parcela?**

2. **¿Se cambia de ropa y de zapatos después de haber trabajado en el campo?**
a) Sí__ b) No__
3. **¿Se lava las manos y/o baña después de la aplicación?**
a) Sí__ b) No__
4. **Su ropa de campo se lava junta o separada con la de su familia:**

5. **¿Cómo lava su ropa (a mano, lavadora, batea, etc.)?**

VI. PERCEPCIÓN DE SALUD

1. **Desde el tiempo que lleva aplicando agroquímicos, ¿considera que su estado de salud ha cambiado? a) Sí __ b) No __ c) No sé __ ¿Por qué?**

2. **Actualmente cómo considera su estado de salud:**
a) Excelente __ b) Muy bueno __ c) Bueno__ d) Regular __ e) Malo __ f)
Muy malo __ g) No sé __
3. **¿Cree que el uso de los agroquímicos afecta al suelo, agua y/o animales? _____**
¿Por qué?

VII. PRODUCCIÓN Y PRODUCTOS

1. Si pudiera cambiar algo sobre su forma de producción agrícola, ¿qué sería?

2. ¿Estaría dispuesto (a) a utilizar productos agroquímicos orgánicos?

Por qué: _____

Tabla 3. Etiquetado de los productos que utiliza		
	Sí	No
1. Traen etiqueta		
2. Pueden leerse		
3. Lee la etiqueta		
4. Le gustaría que la etiqueta explicara algo de mejor manera, ¿qué?		

La anterior ha sido mi última pregunta, tiene alguna duda y/o comentario:

Agradezco mucho su atención y tiempo

ANEXO II. Listado de variables

<i>Variable</i>	<i>Significado</i>
1	Uso de agroquímicos
2	Fertilizante
3	Plaguicida
4	Herbicida
5	Prepara solo
6	Preparación al aire libre
7	Uso de protección durante la aplicación de fertilizante
8	Uso de protección durante la aplicación de plaguicida
9	Uso de protección durante la aplicación de herbicida
10	Mezcla de productos
11	Mezcla el fertilizante
12	Mezcla el plaguicida
13	Mezcla el herbicida
14	Bebe durante la aplicación
15	Fuma durante la aplicación
16	Come durante la aplicación
17	Sobra fertilizante
18	Sobra plaguicida
19	Sobra herbicida
20	Considera que el fertilizante es tóxico
21	Considera que el plaguicida es tóxico
22	Considera que el herbicida es tóxico
23	Cambio en salud por uso de los productos
24	Se ha sentido mal durante la aplicación
25	Disposición a cambiar hacia productos orgánicos
26	<i>Astyanax aeneus</i> (Günther)
27	<i>Tlaloc candalarius</i>
28	<i>Tlaloc aff. candalarius</i>
29	<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther)
30	<i>Poeciliopsis gracilis</i> (Heckel)
31	<i>Poeciliopsis hnilickai</i> (Meyer y Vogel)
32	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus)
33	<i>Profundulus labialis</i> (Günther)
34	<i>Poecilia mexicana</i> (Steindachner)
35	<i>Poecilia reticulata</i> (Peters)
36	<i>Poecilia sp</i>
37	<i>Oreochromis sp</i>
38	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802) †
39	<i>Theraps intermedius</i> (Günther, 1862)

40	Temperatura
41	pH
42	OD mg/L
43	OD %
44	SDT mg/L

Anexo III. Listado de agroquímicos por localidad

Juznajib-La Laguna		
Agroquímico	Nombre comercial	Componente activo
Fertilizantes	Urea	<i>Nitrógeno ureico</i>
	18/460	<i>Nitrógeno, Fósforo</i>
	18/40	<i>Nitrógeno, Fósforo</i>
	Sulfato de amonio	<i>Nitrógeno, Azufre</i>
Herbicida	Faena-glifosato	<i>Glifosato</i>
	Herbipol-glifosato	<i>Glifosato</i>
	Lafam-glifosato	<i>Glifosato</i>
	Gramoxone	<i>Paraquat</i>
	Esteron 47	<i>2,4-D</i>
	Quemoxone	<i>Paraquat</i>
	Paraquat	<i>Paraquat</i>
Plaguicida	Arrivo	<i>Cipermetrina</i>
	Trinachem	<i>Cipermetrina</i>
	Alicante	<i>Clorpirifos etil + Permetrina</i>
Tziscoa		
Agroquímico	Nombre comercial	Componente activo
Fertilizantes	Urea	<i>Nitrógeno ureico</i>
	18-12	<i>Nitrógeno, Fósforo</i>
	18/40	<i>Nitrógeno, Fósforo</i>
	18/460	<i>Nitrógeno, Fósforo</i>
	Sulfato de amonio	<i>Nitrógeno, Azufre</i>
	Fertiquim	<i>Nitrógeno, Azufre</i>
	20-20-20	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	17-17-17	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
Abono foiar	20-20	<i>Nitrógeno, Fósforo</i>
	Bayfolan	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
Herbicida	Glifogan	<i>Glifosato</i>
	Glifosato	<i>Glifosato</i>
	Faena-glifosato	<i>Glifosato</i>

	Herbipol-glifosato	<i>Glifosato</i>
	Lafam-glifosato	<i>Glifosato</i>
	Rival	<i>Glifosato</i>
	Gramoxone	<i>Paraquat</i>
	Esteron 47	<i>2,4-D</i>
	Quemoxone	<i>Paraquat</i>
	Paraquat	<i>Paraquat</i>
Plaguicida	Arrivo	<i>Cipermetrina</i>
	Trinachem	<i>Cipermetrina</i>
	Alicante	<i>Clorpirifos etil + Permetrina</i>
	Metrifos 600	<i>Metamidofos</i>
	Palgus	<i>Spinetoram 5.87%</i>
	Folidol	<i>Metil paration 20%</i>
Fungicida	Pointer	<i>Flutriafol</i>
Natural	Cal, ceniza y azufre	
EL Triunfo		
	Nombre comercial	Componente activo
Fertilizantes	8-8-8	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	16-16-16	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	17-17-17	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	18-18-18	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	Map	<i>Fósforo-Nitrógeno</i>
	NKS	<i>Nitrato de potasio</i>
	Complejo	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	Urea	<i>Nitrógeno ureico</i>
	Foliar	<i>Cobre, Zinc, Hierro, Manganeso, Boro o Calcio</i>
	Fósforo	<i>Fósforo</i>
	Nitrógeno	<i>Nitrógeno</i>
	Potasio	<i>Potasio</i>
	Ultrasol	<i>Nitrógeno, Fósforo, Potasio</i>
	Sulfato	<i>Nitrógeno, Azufre</i>
	Calcio	<i>Calcio</i>
Herbicida	Ametrina	<i>Ametrina</i>
	Gramoxone	<i>Paraquat</i>
	Cupravit	<i>Oxicloruro de cobre</i>
	Strike	<i>Clorotalonil 72% + Cymoxanil 8% PH</i>

Plaguicida	Acrobat CT	<i>Dimetomorf</i>
	Dicarzol	<i>Clorhidrato de Formetanato,</i>
	Ranman	<i>Ciazofamida 34.78%</i>
	Dulko SC	<i>Fipronil 20%</i>
	Muralla	<i>Imidaclopid/Deltametrina</i>
	Applaud	<i>Buprofezin</i>
	Arrivo	<i>Cipermetrina</i>
	Prabir	<i>Indeterminado</i>
	Metrifos 600	<i>Metamidofos</i>
	Disparo	<i>Clorpirifos etil</i>
	Folidol	<i>Metilparation</i>
	Lannate	<i>Metilcarbamoil/metomilo</i>
	Daconil	<i>Clorotalonil</i>
	Furadan	<i>Carbofuran</i>
	Bravo	<i>Clorotalonilo</i>
	Foley Rey	<i>Clorpirifos etil + permetrina</i>
	Coragen	<i>Clorantraniliprol</i>
	Stop	<i>Extracto oleoso de Allium sativum</i>
	Ratman	<i>Indeterminado</i>
	Antracol	<i>Propineb</i>
Palgus	<i>Spinetoram 5.87%</i>	
Sunfire	<i>Clorfenapir</i>	
Reuxcam	<i>Indeterminado</i>	
Naturales	Lombricomposta, gallinaza, cal, ceniza	

ANEXO IV. Gráfica de frecuencias acumuladas del uso de agro-insumos

