



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza".

UNIVERSIDAD DE SONORA

UNIDAD REGIONAL SUR

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

FACTORES DE RIESGO POR EXPOSICIÓN A AGUA CONTAMINADA CON HERBICIDAS EN EL VALLE DEL MAYO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO BIÓLOGO CLÍNICO

PRESENTA:
PERLA DAMIANA GONZÁLEZ AYÓN

NAVOJOA, SONORA

FEBRERO DE 2018

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se le dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Jefe del Departamento de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Sonora Unidad Regional Sur (DCQBA-USON, URS)

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de datos contenidos en esta tesis deberá dar crédito al DCQBA-USON, URS, previa aprobación escrita del manuscrito en cuestión del Director de Tesis.



M.C. Ramona Icedo García

Jefa del Depto. de Ciencias Químico Biológicas y Agropecuarias

FORMA DE APROBACIÓN

Los miembros del jurado designados para revisar la presentación de la propuesta de tesis de Perla Damiana Gonzalez Ayón la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito para obtener el título de Químico Biólogo Clínico.

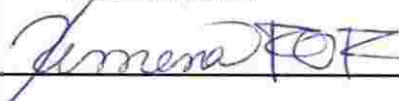


Dra. Ana Paola Balderrama Carmona

 PRESIDENTE

Dr. Edgar Felipe Morán Palacio

SECRETARIO



MC. Ximena Felipe Ortega Fonseca

VOCAL

MC. Luis Alberto Zamora Álvarez

SUPLENTE

AGRADECIMIENTO Y DEDICATORIAS

Agradezco a la Universidad de Sonora, Unidad Regional Sur, por ser parte fundamental y principal de mi formación profesional, por brindarme sus instalaciones y apoyo durante mi trayectoria estudiantil.

Agradezco la directora de tesis, Doctora Ana Paola Balderrama Carmona por su total apoyo y atención desde el proceso de Servicio Social Universitario hasta la elaboración de esta Tesis, agradezco su ayuda, paciencia y confianza que puso en mí para trabajar con este proyecto. Así como también al Doctor Edgar Felipe Morán Palacio, a la Maestra Ximena Felipe Ortega Fonseca y al Maestro Luis Alberto Zamora Álvarez por su valiosa ayuda y aportación en mi formación como profesionista y al enriquecimiento de este trabajo de Tesis.

Reconozco al personal del Distrito de Riego del Río Mayo su valioso apoyo al ayudarme bastante con este proyecto por medio de los recorridos a las comunidades del Valle del Mayo.

Por último, agradezco a mi familia por siempre estar presente de una u otra manera apoyándome desde mi inicio como estudiante y formación profesional.

A mi papá Jose Joel Gonzalez Gastelum por ser mi motor de superación, que gracias a la orientación que me dio desde antes de entrar a la universidad hizo que yo llegara hasta aquí y gracias tambien por siempre darme lo necesario durante toda mi vida.

A mi mamá Clara Lourdes Ayon Denis por darme todo su amor y atención en mi formación como ser humano y profesionista.

A mis hermanas Lucero y Marysabel por siempre procurar que yo sea una persona de bien y una excelente profesionista.

Perla Damiana Gonzalez Ayón

CONTENIDO

APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS.....	3
CONTENIDO	4
LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES	11
Cuenca hidrológica del Valle del Mayo	11
Contaminación del Agua.....	12
Contaminación del Agua por Sustancias Químicas.....	15
Contaminación del Agua por Herbicidas	16
Herbicidas usados en el Valle del Mayo	17
Glifosato	19
Química y degradación del glifosato	19
Metabolismo de glifosato en plantas	20
Efectos a la Salud Humana por Glifosato.....	21
Límites Permisibles y Carcinogenicidad	22
Tordon 101 y 22 k	24
Picloram	25
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético, Composición Química	25
Efectos Dañinos de los Plaguicidas de los Sistemas del Cuerpo	
Humanos.....	26
Sistema endocrino	26
Toxicidad reproductiva	27
Inhibición tiroidea	27
Sistema respiratorio	27
Sistema inmunitario	28
Sistema nervioso	28
OBJETIVO GENERAL.....	30

Objetivos Específicos	30
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
Ubicación Geográfica del Área de Estudio	31
Preselección de las comunidades de estudio	32
Diseño del experimento	33
Método estadístico	33
Estudio cohorte/población.....	33
Tamaño de la población.....	33
Estimación de la exposición	33
Métodos estadísticos	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
Selección de comunidades y tamaño de población	35
Caracterización de la población	36
Condiciones Socioeconómicas	40
Condiciones de Salud	40
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXO.....	56
GLOSARIO.....	59
PONENCIA.....	61

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Herbicidas mas usados	18
2	Desacuerdos internacionales en la clasificación de glifosato como cancerígeno al ser humano	23
3	Uso doméstico del agua	39
4	Consumo de alimentos dentro del hogar	39
5	Uso de agua de pozo privado para beber	43
6	Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedad	44
7	Relación entre exposición a agua contaminada y Diabetes	44
8	Relación entre exposición a agua contaminada e Hipertension	45
9	Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedades gastrointestinales	45
10	Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedades respiratorias	46
11	Relación entre exposicon a agua contaminada y enfermedades dérmicas	46

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Formas principales de exposición humana a los agentes patógenos del ámbito acuático	13
2	Efectos sobre la salud de las intervenciones en la provisión de agua y saneamiento	14
3	Estructura química del Glifosato	20
4	Aplicación de glifosato en dren de irrigación del Distrito de Riego del Río Mayo	24
5	Mapa del Valle del Mayo	31
6	Aplicación de glifosato en drenes cercanos a pequeñas comunidades	32
7	Comunidades seleccionadas del Valle del Mayo	36
8	Frecuencia de sexo masculino y femenino	37
9	Frecuencia de ocupación	38
10	Frecuencia de escolaridad	38
11	Porcentaje de enfermedades de padecimiento frecuentemente en los participantes del estudio	41

RESUMEN

El agua forma un papel indispensable para la vida de los organismos y para cualquier actividad humana, tanto a nivel económico y social. En países en desarrollo la infraestructura hidráulica en zonas alejadas de las áreas urbanas tiene una cobertura de agua potable es mínima o simplemente no existe. El agua para el consumo humano que posee contaminantes químicos y biológicos es una fuente directa de enfermedades. La contaminación del agua y el tratamiento inadecuado o nulo han planteado serias amenazas hacia la salud pública.

Los agroquímicos (herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y fertilizantes) son contaminantes del agua considerados en la actualidad como emergentes. Están compuestos de numerosas sustancias químicas usadas en la agricultura para mantener y conservar los cultivos vegetales y animales. Los herbicidas en particular se emplean para disminuir el impacto de las malezas en los cultivos y mejorar la producción. Es conocido que éstas sustancias afectan la salud. En poblaciones cercanas a campos agrícolas la exposición es inevitable, debido a que en éstos lugares la aplicación aérea y mecánica es constante.

El presente trabajo de tesis tiene el objetivo de identificar los factores de riesgo por exposición a agua contaminada con herbicidas de los habitantes del Valle del Mayo mediante análisis estadísticos. La zona en la que se realizó el estudio se encuentra al sur del estado de Sonora en pequeñas comunidades de los municipios de Navojoa, Etchojoa y Huatabampo. Se realizó un estudio descriptivo en la población por medio de encuestas. Los participantes entrevistados viven en las periferias de los municipios y sus orígenes provienen de la etnia Mayo, sus casas colindan con drenes de irrigación los cuales son utilizados para abastecerse de agua.

Se obtuvo una diferencia significativa entre status socioeconómico y exposición a agua de drenes. Existe una relación estadísticamente significativa entre ingesta de agua de pozo privados y enfermedad. En esta investigación se obtuvo una correlación entre el consumo de agua de pozo privado con los padecimientos hipertensión y diabetes ($p < 0.05$).

INTRODUCCIÓN

Según los reportes de la Organización Mundial de la Salud el agua contaminada, la falta de sanidad y la higiene inadecuada toma la vida de 1.7 millones de niños menores de 5 años (WHO, 2017). La contaminación del agua por saneamiento, distribución, tratamiento inadecuado y la falta de educación sobre posibles enfermedades relacionadas por su consumo es un preocupante en salud pública (CMDSG, 2007). Los contaminantes en el agua pueden representar riesgos a la salud, el agua puede contener peligros de origen químico y biológico.

Los agroquímicos son sustancias que se utilizan en el medio ambiente agrícola, los cuales incluyen a los plaguicidas y a los fertilizantes. Los plaguicidas se usan debido a que las prácticas agrícolas en todas las regiones del mundo se ven reducidas en su rendimiento debido a plagas (organismos y plantas indeseables). En México el uso de agroquímicos se inició a partir de la década de 1960, el cual en ese momento era un gran descubrimiento para la humanidad, sin embargo fue hasta finales de la década de 1970 que se identificaron como dañinos para la salud por su toxicidad y persistencia (Meza-Montenegro y col. 2013).

En el sur de Sonora, la actividad económica principal es la agricultura; compuesta por los Valles del Mayo y del Yaqui; en éstos Valles la preocupación por el uso de agroquímicos se ha investigado desde la década de 1990, cuando se erradicó el uso del plaguicida DDT. En esta región se han realizado estudios en personas expuestas a concentraciones de plaguicidas como DDT y sus metabolitos, malation, cipermetrina, endrin, aldrin, lindano entre otros en plasma, leche materna (Limón-Miro y col. 2015), en agua y suelos (Meza-Montenegro y col., 2013) sentando las bases de que estos contaminantes son un riesgo para la salud.

Los plaguicidas estudiados como causantes de enfermedad humana no incluyen a los herbicidas mas comercializados en la región sur que son glifosato ó faena y tordón. En el Valle del Mayo se utilizan mas de 20,000 toneladas de glifosato por año, el cual es mezclado con tordón con el fin de aumentar su eficacia contra malezas y disminuir su impacto de las mismas e incrementar la producción agrícola y permitir que por los canales y drenes fluya adecuadamente el agua de irrigación. El glifosato puede mantenerse en suelo húmedo y cultivos y distribuirse fácilmente mediante escorrentía e infiltrarse hasta aguas subterráneas,

consiguiendo persistir en el ambiente como residuos en suelo y campo de cultivo (DDRRM, 2016).

En el Valle del Mayo los servicios de agua y saneamiento en las comunidades agrícolas son insuficientes o gestionados de forma inapropiada y exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. Debido a factores ocupacionales, existe un crecimiento de la población en áreas de agricultura, por lo que los habitantes del Valle del Mayo comenzaron a utilizar los drenes y canales cercanos a sus hogares para abastecerse de agua para beber o utilizarla para actividades domésticas y laborales (INEGI, 2017).

Se conoce que existe la presencia de pesticidas en el medio ambiente y el organismo de las personas del sur de Sonora, sin embargo es necesario establecer los factores de riesgo por exposición a agua contaminada especialmente por herbicidas en los habitantes del Valle del Mayo (DDRRM, 2016).

ANTECEDENTES

Cuenca Hidrológica del Valle del Mayo

El Valle del Mayo tiene una superficie acuífera de 1,071 km² donde se ha desarrollado el Distrito de Riego 038 Río Mayo, el cual se ubica en la parte baja de la cuenca del Río Mayo, localizado al sur de Sonora. La precipitación media es de 517 mm por año, lo que da un volumen anual escurrido de 860 mm³. Este volumen es almacenado en la presa Adolfo Ruiz Cortines o "El Mocúzarit". El distrito de riego del Río Mayo, tiene una extensión de 97 051 hectáreas que se hallan distribuidas en los municipios de Etchojoa, Huatabampo y Navojoa, siendo sus cultivos principales: trigo, cártamo, hortalizas, maíz, papa, garbanzo, algodón, sorgo, soya, ajonjolí y frijol. Dentro de los usos del agua superficial destacan en orden de importancia: el agrícola, doméstico, industrial y pecuario (DDRRM, 2016).

El agua subterránea se mueve en general desde el Norte y Noroeste hacia el Suroeste. La recarga media anual del acuífero es de 155 mm³, proveniente en un 90% del agua de retorno agrícola y de la infiltración de canales y en el 10% restante de infiltración de agua de lluvia. La descarga anual por bombeo es de 143 mm³ con alrededor de 344 pozos. La profundidad de los pozos es muy somera, 5 m en el norte, sur y sureste del Valle, con excepción del oriente de Navojoa donde alcanzan los 60 metros. Respecto a la calidad del agua, existe contaminación por intrusión marina en los sedimentos lacustres de arcilla y limo expansivo que sobreyacen a arena fina. Se recomienda la perforación de pozos de más de 200 metros de profundidad, para tener agua aceptable para el uso agrícola (Mañas y col., 2009).

El Río Mayo, representa el escurrimiento superficial más relevante de la cuenca, nace en la Sierra Madre Occidental dentro del estado de Chihuahua, recorre 294 km hasta su desembocadura en el golfo de California, presenta una pendiente media de 0.68%, con dirección preferencial noreste-suroeste y recibe por la margen derecha las aportaciones del arroyo Los Cedros. La infraestructura hidráulica del área está caracterizada por las presas:

Adolfo Ruíz Cortínes, sobre el Río Mayo; El Veranito, en el arroyo Promontorios; y Juan Maldonado, en el arroyo Jincori (DDRRM, 2016).

Contaminación del Agua

El agua es un elemento esencial para la vida. Varios filósofos entre ellos Tales de Mileto e Hipócrates (500 a.C.) abordaron el tema del agua con profundidad mística, más allá de su contenido mineral o biológico. Tales de Mileto indicó: "Sencillamente, el agua es el fundamento de la vida porque la vida ha nacido en ella; es pues, la base de todo lo vivo". El agua es un elemento primordial producto de la naturaleza; contribuye al bienestar integral del ser humano, animales y plantas (Mora-Alvarado, 2009).

La contaminación del agua o contaminación hídrica es causada por la acción de introducir algún material en el agua afectando su composición química; principalmente es consecuencia de las actividades del ser humano. Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), cerca de un tercio de los hogares conectados a la red en África y en América Latina tenía un abastecimiento intermitente, mientras que 36% de los sistemas de las ciudades de África y alrededor de 20% de las de Asia y América Latina distribuían agua contaminada (Guevara y Lara, 2015).

Existen varias fuentes de contaminación del agua mediante actividades domésticas, industriales o agrícolas. Los ríos o canales son contaminados por residuos industriales, desechos de alcantarillado y herbicidas que escurren en tierras agrícolas. Se estima que unas 10,000 personas mueren cada día por enfermedades relacionadas con el agua o saneamiento y miles más padecen una variedad de enfermedades debilitadoras (OMS, 2016).

Algunos de los mecanismos de transmisión de las enfermedades pueden ser directos, por ingestión de agua contaminada, procedente de abastecimientos de grandes poblaciones o de pozos contaminados, por contacto cutáneo o mucoso con fines recreativos, contacto ocupacional o terapéutico o por mecanismo indirecto donde el agua participa como vehículo de infecciones o bien puede transmitirse a través de alimentos contaminados por el riego de aguas residuales o herbicidas. Es posible describir dos tipos ciclos de contagio de enfermedades transmitidas por el agua y la falta de aseo personal; se describen como "ciclo

corto" (heces-mano-boca) y "ciclo largo" la contaminación ambiental (Figura 1) (Bosch y col., 2011).

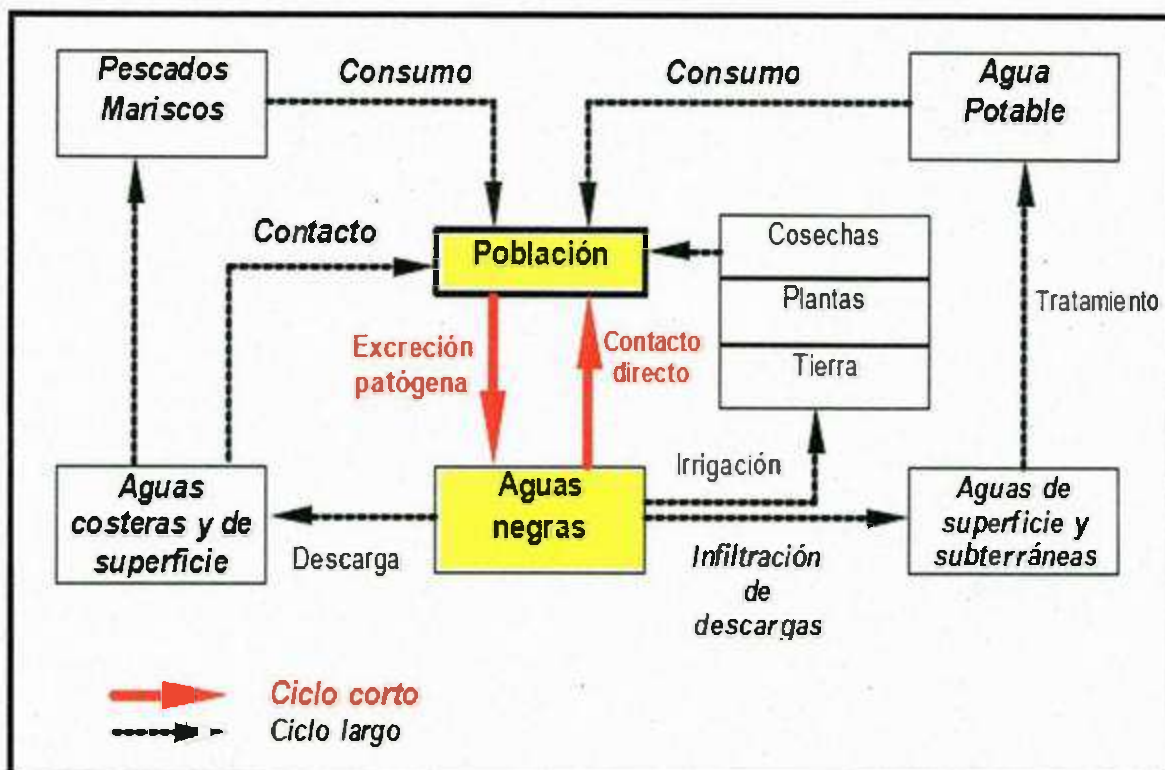


Figura 1 . Formas principales de exposición humana a los agentes patógenos del ámbito acuático (Bosch y col., 2011).

En los países en vías de desarrollo, aproximadamente 1.3 mil millones de personas no tienen acceso a cantidades adecuadas de agua limpia y casi 3 mil millones carecen de medios adecuados para deshacerse de sus heces. Se calcula que la contaminación del agua potable provoca más de 502,000 muertes por diarrea al año. En los lugares donde el agua no es fácilmente accesible, las personas pueden considerar que lavarse las manos no es una prioridad, lo que aumenta la probabilidad de propagación de la diarrea y otras enfermedades. La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva a que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada químicamente (OMS, 2016).

El impacto de servicios inadecuados de agua y saneamiento recae principalmente sobre los sectores necesitados. Esta parte de la población deben hacer sus propios acomodos

para satisfacer sus necesidades básicas de sobrevivencia. Muchos acarrear agua desde lugares lejanos o se ven forzados a pagar precios muy altos a un vendedor de agua por cantidades muy pequeñas del precioso elemento. El servicio inadecuado de agua y saneamiento aumenta sus costos de subsistencia, disminuye su potencial de ingresos, afecta su bienestar y hacen más riesgosa su vida (UN-Water, 2013). En la figura 2, se muestran los efectos sobre la salud de las intervenciones en la provisión de agua y saneamiento.

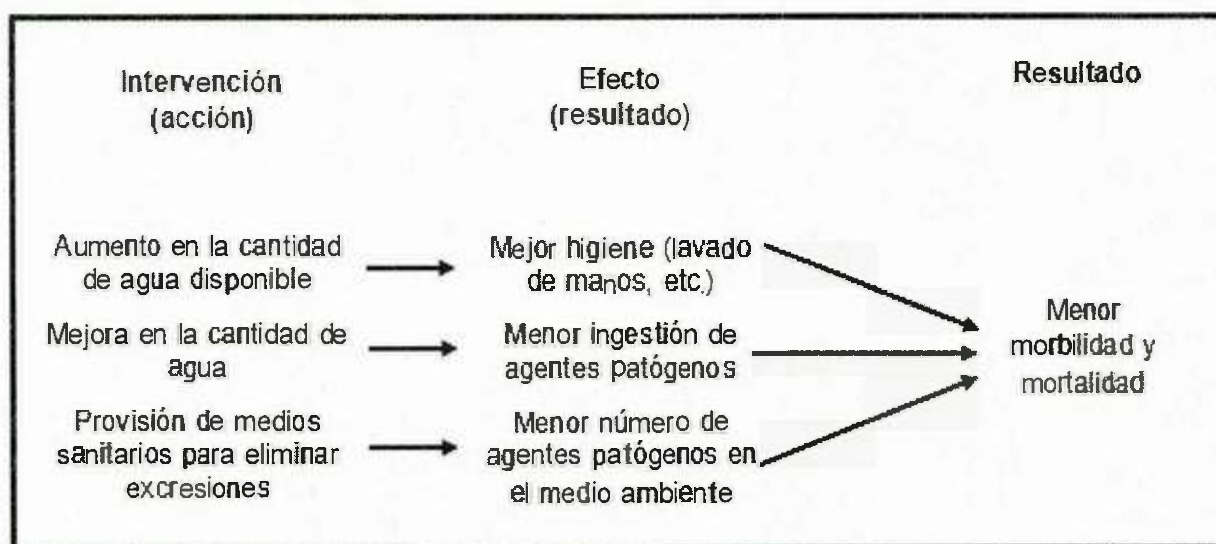


Figura 2. Efectos sobre la salud de las intervenciones en la provisión de agua y saneamiento (UN-Water, 2013)

El impacto de la escasez y contaminación de este recurso tiene repercusiones hacia grandes sectores de la población y mayormente a los habitantes que poseen escasos recursos económicos debido a las condiciones de sus viviendas y a la provisión inadecuada de servicios elementales como agua y drenaje (Bosch y col., 2011).

Los altos niveles de contaminación y una operación deficiente de las instalaciones de tratamiento y distribución, pueden causar que el suministro público de agua no sea potable. Si el agua proviene de orígenes de abastecimiento accesibles, las personas gastan menos tiempo y esfuerzos en recogerla brindando mayor seguridad personal. La mejora de las fuentes de abastecimiento de agua también otorga la reducción del gasto sanitario y que las personas tienen menos probabilidades de contraer enfermedades (Guevara-Lara 2015).

El acceso al agua ha sido reconocido como un derecho fundamental para una vida digna por las Naciones Unidas (UN, 2010). Pocos contaminantes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de que se produzca una contaminación masiva accidental debido a un eventual derrame o mala disposición de desechos tóxicos (WHO, 2011). Las diversas industrias arrojan desechos químicos en las fuentes de agua haciendo que ésta no sea potable. Hay un gran número de contaminantes químicos en el agua, de los emergentes, tenemos los plaguicidas (UN, 2010).

Contaminación del Agua con Sustancias Químicas

Actualmente la contaminación del agua con agentes químicos es de las mas preocupantes en salud publica. Sustancias nocivas como los ácidos, pesticidas, gases, óxidos, amoníaco, cloro, sulfuro de hidrógeno y metales pesados están presentes en los cuerpos de agua principalmente debido a actividades económicas. En el caso de los pesticidas en general han sido beneficiosos para el hombre y la industria, pero su mal uso y la descarga deficiente de ellos en el ambiente han causado problemas de salud. Los productos químicos agrícolas (o agroquímicos) incluyen una extensa diversidad de productos químicos que se manejan en la agricultura como son los plaguicidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas) y los fertilizantes sintéticos (Paravani y col., 2016).

Los plaguicidas son sustancias o mezclas de sustancias que se destinan a controlar plagas, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causan perjuicio o que interfieren con la producción agropecuaria y forestal (USEPA, 2010). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los plaguicidas son cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o interfieran de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y derivados, alimentos para animales, o sustancias que pueden administrarse a los animales

para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (Paravani y col., 2016).

La contaminación del agua por los agroquímicos utilizados en la agricultura tiene dos fuentes principales: 1) el aporte difuso de las fugas de agroquímicos desde agrosistemas por lixiviación, derivación o escurrimiento y 2) el aporte puntual debido a malas prácticas agrícolas, como lavado de equipos pulverizadores en arroyos o disposición de envases. Los sistemas acuáticos son vulnerables a la contaminación al ser los receptores naturales de sustancias y residuos de las actividades agrícolas (Paravani y col., 2016).

Los agricultores recurren a productos agroquímicos en los cultivos con el fin de aniquilar insectos, roedores, malezas y otros organismos que sustituirían o se comerían dichos cultivos. Sin embargo, muchos de los productos agroquímicos aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, por sus siglas en inglés EPA) contienen ingredientes conocidos por ser carcinógenos, en tanto otros producen alergias severas, defectos de nacimiento y diversos problemas de la salud (Lutz, 2005).

Aún sabiendo los riesgos que conlleva una práctica agrícola basada en el empleo de herbicidas, la agricultura se ha hecho cada vez más dependiente de ellos, con la finalidad de incrementar su producción (Paravani y col., 2016).

Contaminación del Agua con Herbicidas

Las prácticas agrícolas en todas las regiones del mundo se ven reducidas en su rendimiento debido a malezas; es por esta razón, que se emplea el uso de herbicidas para disminuir su impacto de las mismas e incrementar la producción. Actualmente, los peligros que acarrea el uso inadecuado de herbicidas comprometen la sostenibilidad de la agricultura moderna; en este contexto, los países en desarrollo son los más afectados debido a que el incremento de la producción agrícola va acompañado de un acelerado deterioro de los recursos naturales y de la salud (Benítez- Díaz y col., 2013).

Existe una realidad y es que las plagas desarrollan resistencia que obliga a agricultores a incrementar el uso, concentraciones y frecuencia de aplicación de herbicidas, cuya

consecuencia es que el uso acelerado de herbicidas ocasiona la contaminación del agua actuando negativamente sobre el ser humano causando problemas a la salud humana y a otros organismos del ecosistema. Es común encontrar herbicidas en el agua de las zonas agrícolas o sus entornos donde han sido aplicados, en parte por la persistencia del compuesto, asociado a la sobreaplicación que frecuentemente se realiza como práctica común (Benítez-Díaz y col., 2013). En la Tabla 1 se encuadran los herbicidas mas utilizados a nivel mundial.

Herbicidas Usados en el Valle del Mayo

El Valle del Mayo es uno de los mayores productores agrícolas en el noroeste de México, en ésta región se utiliza un extenso sistema de irrigación que abastece a más de 97,000 hectáreas de cultivo (INEGI, 2016), el cual consta de canales y drenes de irrigación que se ven afectados por el crecimiento de malezas sobre todo en terrenos agrícolas en los que la aplicación de fertilizantes produce su proliferación. Este hecho da lugar al estancamiento de agua, limitando su cauce, por lo que se requiere de la aplicación de herbicidas para su eliminación (Krüger y col., 2014).

En el Valle del Mayo el herbicida más utilizado para eliminar las malezas es glifosato al 1% en canales, mientras que en drenes se utiliza una mezcla de glifosato con tordón al 1.5% y en ésta área agrícola se asperjan más de 20 mil L de esta mezcla por año (DDRRM, 2016); ambos herbicidas han sido reportados como genotóxicos (Mañas y col., 2009; Samsel y Seneff, 2015).

Tabla 1. Herbicidas mas usados.

Herbicida	Denominación común o nombre comercial	Uso principal
Butilato	Sutan	Combate las malas hierbas y el <i>Cyperus esculentus</i> del maíz
Cianazina	Bladex Fortrol	Combate las gramíneas anuales y las malas hierbas de hoja ancha en las tierras de cultivo en barbecho
Fluometurona	Cotoron	Combate las gramíneas anuales y las hierbas de hoja ancha
Fluridona	Sonar	Combate las malas hierbas y hierbas anuales de los campos de algodón
Glifosato	Roundup	Herbicida no selectivo de amplio espectro utilizado en cereales, frijoles y otros cultivos
Hexazinone	Velpar	Combate algunas malas hierbas de las coníferas, caña de azúcar y piña.
Linuron	Afalón	Combate las malas hierbas del maíz, zanahoria, apio y papas
Metolacoloro	Dural Primext	Combate las malas hierbas de las plantas ornamentales leñosas, girasoles y maíz
Metribuzina	Sencor Lexone	Combate la hierba y las malas hierbas herbáceas y de hoja ancha de la soja, trigo, cebada, guisantes y lentejas
Molinato	Ordram	Combate las hierbas acuáticas en los cultivos de arroz
Picloram	Tordon	Combate las plantas leñosas y de hoja ancha de los pastos y tierras de pastoreo
Propacloro	Bexton Ramrod	Combate las gramíneas y algunas malas hierbas de hoja ancha
Propazine	Milogard Primatol P	Combate las malas hierbas anuales de hoja ancha y las gramíneas del sorgo
Simetrina	Gy-bon	Combate las malas hierbas de hoja ancha del arroz
Tebutiuron	Graslan Spike	Combate las malas hierbas de las tierras no cultivadas y pastizales
Trifluralina	Treflan	Combate las gramíneas anuales, las malas hierbas de la soja, algodón y hortalizas

Fuente: Garza-Almanza y col., 2011.

Glifosato (Faena, Roundup)

El glifosato (N-fosfonometil glicina) es el herbicida más vendido mundialmente, su comercialización inició desde 1974; siendo conocido comercialmente como Faena® o Roundup® (Cattani y col., 2014). Los herbicidas constituyen un grupo importante de plaguicidas de uso agrícola que año con año aumentan su volumen de uso. Tanta es su demanda laboral que ha sustituido el laboreo mecánico y manual en el campo.

Los herbicidas antes de ser comercializados son evaluados en su formulación donde los ingredientes activos como la sal isopropanolamina del N- Fosfonometil glicina (Figura 3) son mezclados con sustancias que reciben el nombre de ingredientes inertes de los cuales pueden ser sustancias química, biológica y toxicológicamente activas, siendo que no aparece información de estas sustancias en las etiquetas (Martínez-Nieto y col., 2012).

Química y degradación del glifosato

Es un ácido orgánico débil formado por una molécula de glicina y otra de fosfonometilo. La pureza del glifosato de calidad técnica suele ser superior a 90%. Es un polvo cristalino blanco e inodoro con un peso específico de 1,704. Es soluble en agua e insoluble en solventes orgánicos, no tiene volatilización significativa. Es estable durante alrededor cinco años en condiciones ambientales normales (Burger y Fernandez, 2004).

El glifosato tiene una solubilidad en agua de 10,000-15,700 mg L⁻¹ a 25°C, por lo que rápidamente se disuelve y dispersa en ambientes acuáticos, sin embargo, se enlaza fuertemente a las partículas del suelo con un coeficiente de absorción de 24,000 L kg⁻¹ (Amrhein y col., 1980).

El glifosato es degradado por microorganismos (*P. fluorescens*, *P. aeruginosa* y *B. gladioli*, *P. fluorescens*, *F. oryzihabitans*), estos microorganismos pueden catabolizar compuestos organofosfonados, los cuales utilizan como fuente de carbono, nitrógeno y fósforo. De la degradación de glifosato se producen seis metabolitos de los cuales los más

importantes son el ácido aminometilfosfónico (AMPA), cuya fórmula estructural es $\text{CH}_6\text{NO}_3\text{P}$ y la sarcosina (2- ácidometilaminoetanóico) cuya fórmula estructural es $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$.

El tiempo que tarda en degradarse es alrededor de 60 días (2 meses) según la EPA y de 1 a 174 días (casi 6 meses). Un estudio realizado por la EPA sobre campos agrícolas revelan que el glifosato pasa por dos etapas de degradación la inicial, la cual es más rápida y la persistente esta puede tardar incluso hasta 249 días (Martínez- Nieto y col., 2012). La vida media del herbicida en suelo oscila entre 2 y 197 días, pero en el medio ambiente existen repercusiones de glifosato y AMPA. Ambos contaminantes pueden persistir hasta por 3 años en suelo y agua (Vereecken, 2005).

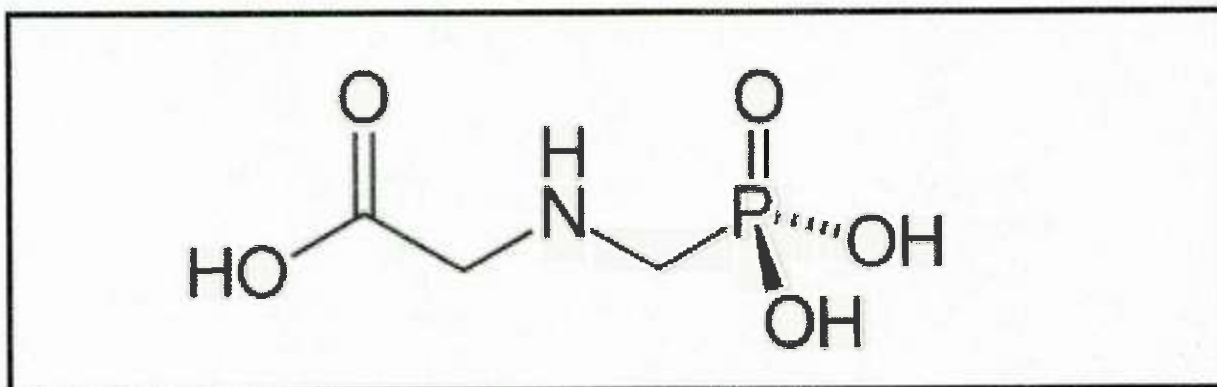


Figura 3. Ecuación química del Glifosato (Zacharia, 2011).

Metabolismo de glifosato en plantas

El glifosato es post-emergente sistémico y no selectivo. La acción herbicida del glifosato probablemente se debe a la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptofano), usados en la síntesis de proteínas y que son esenciales para el crecimiento y sobrevivencia de la mayoría de las plantas.

El mecanismo de acción es sobre la ruta metabólica del shikimato produciendo una inhibición de la síntesis de aminoácidos aromáticos y la enzima 5-enolpiruvilsikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), por un proceso conocido como inhibición por retroalimentación (Krüger y

col., 2014). El arogenato (necesario para la biosíntesis de aminoácidos, fenilalanina, tirosina y triptófano en las plantas) es uno de los productores de esta ruta y un potente inhibidor de EPSPS con lo cual activa la 3-deoxi-D-arabino-heptolusonato-7-fosfato sintasa (DAHPS) (Muller, 2008). La inhibición de EPSPS por el glifosato resulta en menores niveles de arogenato, lo que causa una alteración de la ruta metabólica del shikimato debido a una mayor actividad de la DAHPS (Annett y col., 2014).

El glifosato, por ser herbicida de amplio espectro, tiene efectos tóxicos sobre la mayoría de especies de plantas. Afecta árboles y arbustos de los cercos y cultivos cercanos, e incrementa la susceptibilidad de los cultivos a enfermedades. Puede ser un riesgo para especies en peligro de extinción si se aplica cerca de áreas protegidas (Vereecken, 2005).

Efectos a la Salud Humana por Glifosato

El glifosato es uno de los herbicidas más eficientes debido a su amplio espectro. Los efectos a la salud han sido severamente evaluados. Existe controversia sobre el efecto de glifosato en la salud humana, mientras algunos estudios aseveran que no hay riesgo asociado concluyente a la exposición específica; otros estudios afirman que existen efectos nocivos a la salud asociados al uso de glifosato ya que puede alterar la estructura del ADN en células de mamíferos; puede provocar toxicidad in vivo en células humanas así como provocar muerte celular en el hígado (Salazar y col., 2011).

Es muy soluble en agua y se dispersa rápidamente; debido a éstas características que el glifosato se usa ampliamente y se apreciaba como no tóxico para el ser humano (Samsel y Seneff, 2015). Según algunos estudios el glifosato tiene muy poca toxicidad generalmente en la mayoría de los organismos, excepto las plantas y los organismos acuáticos. Se considera de baja toxicidad en forma aguda o crónica; no es carcinogénico ni produce mutación, y tampoco es lesivo para la reproducción, a excepción por la posible oportunidad de causar irritación ocular transitoria y probablemente cutánea y no presenta un riesgo a la salud humana (Velázquez y col., 2013).

En salud pública, el glifosato es de importancia debido a que se ha comprobado que produce: esterilidad, problemas renales, es un disruptor endócrino, produce apoptosis,

citotoxicidad y efectos oxidativos neurotóxico (Cattani y col., 2014). Los padecimientos asociados al uso de glifosato son Alzheimer, Parkinson, desórdenes de ansiedad, osteoporosis, enfermedad intestinal inflamatoria osteomalacia, colestasia y disfunción tiroidea (Samsel y Seneff, 2015). Se ha comprobado que los productos residuales suelen ser mas tóxicos que la sustancia activa primaria, en cuanto al metabolito AMPA se ha probado que al igual que glifosato provoca genotoxicidad (Mañas y col., 2009).

Límites Permisibles y Carcinogenicidad

La exposición a dosis de 300 mg kg^{-1} de glifosato origina signos graves de toxicidad; a dosis de 1000 a 5000 mg kg^{-1} causa la muerte en el ser humano. La Agencia de Protección Ambiental de los E.U. (USEPA) ha determinado que una exposición de residuos de glifosato en humanos por arriba de 0.7 mg L^{-1} máximo autorizado en aguas de consumo humano, puede causar una respiración acelerada y congestión pulmonar. En México el glifosato es catalogado dentro de los compuestos orgánicos no halogenados siendo éstos permisible hasta 0.1 mg L^{-1} en agua de consumo humano (proyecto de NOM-250-SSA1-2014).

Conforme a los hallazgos de la Agencia Internacional para la Investigación en Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) se propuso a las autoridades que la clasificación de glifosato como posible carcinogénico es divergente. Por lo que el procedimiento para armonizar su clasificación inició desde el 2015. Las discusiones en 2016 mostraron que era necesario incluir al Comité de Evaluación de Riesgos de la Agencia de Químicos Europeos (ECHA, por sus siglas en inglés) para dar a conocer la situación específica de glifosato en los estados miembros y así evaluar su carcinogenicidad y renovar los criterios de la Regulación (EC No 1107/2009). En vista de el tiempo requerido para la evaluación se extendió el periodo de aprobación de la sustancia activa hasta 6 meses después de la resolución del comité concluyendo que se extendería la licencia para uso de glifosato hasta diciembre de 2017 (IARC, 2017).

La comisión adoptó la extension de la actual aprobación de glifosato por un tiempo limitado hasta que la ECHA haya concluido su revision, los estados miembros fallaron aprobar tres recomendaciones generales para el uso de glifosato:

- 1) Prohibir un coformulante llamado POE-seboamina a partir de productos a base de glifosato, 2) minimizar el uso de la sustancia en parques, campos y jardines públicos y 3) minimizar el uso de glifosato previo a la cosecha.

Pese a que la ECHA concluyó en 2017 que existe suficiente evidencia en experimentación animal que clasifica al glifosato como probable carcinógeno para los humanos (Grupo 2A), otras organizaciones no están a favor, entre ellas la USEPA (Tabla 2)

Tabla 2. Desacuerdos internacionales en la calificación de glifosato como cancerígeno al ser humano.

Organización evaluadora			Conclusión	Fecha	Referencia
European Authority	Food Safety		"No se justifica la clasificación y el etiquetado de la carcinogenicidad"	2013	EFSA, 2013
US Protection Agency	Environmental		"Probablemente no es cancerígeno"	2016	USEPA, 2016
International Research on Cancer	Agency for		"Probablemente carcinogénico para los seres humanos"	2017	IARC, 2017
California Protection Agency	Environmental		"Conocido por el Estado de California como causante de cáncer"	2017	OEHHA, 217
European Agency	Chemicals		"No se encontró evidencia suficiente que implique que el glifosato sea un carcinógeno"	2017	ECHA, 2017



Figura 4. Aplicación de mezcla de herbicida en dren de irrigación del Distrito de Riego del Río Mayo.

Tordon 101 y 22 K

Tordon® es un herbicida sistémico, y selectivo . Tordon 101 compuesto por una mezcla de ingredientes activos: ácido 4-amino-3,5,6-tricloropicolínico (picloram) y ácido 2,4-diclorofenoxyacetico (2,4-D). En cuanto al Tordon 22K esta compuesto solamente por picloram. Está recomendado para el control selectivo de malezas de hoja ancha, herbáceas o arbustivas, que presenten resistencia total o parcial al 2,4-D, en cereales, praderas y terrenos forestales según se indica en las instrucciones de uso de esta etiqueta. Actúa sobre las malezas alterando la división celular y el metabolismo general de la planta. Los síntomas de daño son semejantes a los herbicidas fenólicos (Gonzalez, 2010).

Esta mezcla de herbicidas causa reducción testicular a altas dosis en animales lo que sugiere toxicidad reproductiva. Es conocido que las mezclas de plaguicidas son mas dañinas a la salud que la sustancia activa (Oakes y col. 2002).

Picloram, Metabolismo y Efectos en la Salud

El picloram es metabolizado lentamente por los microbios y puede degradarse mediante fotólisis cuando se expone directamente a la luz solar. La vida media del picloram en los suelos puede variar de un mes a tres años dependiendo del suelo y las condiciones climáticas. No se volatiliza fácilmente cuando se aplica en el campo (Mundo 2016).

El nivel sugerido de respuesta no adversa para picloram recomendado por el Comité de Agua Potable Segura del Consejo Nacional de Investigación es de 1,05 ppm. Al menos un estudio encontró concentraciones de escorias de picloram superiores a esta cantidad (2,3-3,3 ppm) cuando se aplicaron como gránulos a razón de 2,24 kg / ha a los suelos de Blackland Prairie en Texas. Sin embargo, la formulación de pellets de picloram ya no está disponible en el mercado estadounidense de Picloram y sus derivados pueden ser altamente tóxicos cuando se inhalan y pueden causar daño ocular severo. EPA clasificó el picloram como un compuesto del "Grupo E", o un producto químico que no ha mostrado evidencia de carcinogenicidad en seres humanos (Hurd y col., 2011).

Ácido 2,4-diclorofenoxiacético, Composición Química

El plaguicida 2,4-D se presenta en forma de sal de amonio (amina) o de éster. Se clasifica dentro de los grupos de los herbicidas fenoxi, fenoxiacéticos o clorofenilos estos compuestos han sido retirados o prohibidos en muchos países por ejemplo el 2,4,5-T el 2,4,5-TP o silvex, el MCPA y otros herbicidas que aún se usan como el 2,4-DB, dicamba y el MCPB (Paulino, 2013).

Las sales son absorbidas a través de las raíces, y por lo tanto los ésteres son absorbidos rápidamente a través de las hojas; el ingrediente activo es transportado a través de la planta, actuando como un inhibidor del crecimiento, al imitar a la hormona auxina de las plantas. Controla selectivamente las malezas de hoja ancha en los cereales, pastizales, bosques parques, jardines y drenes (Chen 2012).

En América Latina y el Caribe, el 2,4-D es uno de los herbicidas de mayor uso, al igual que el glifosato paraquat y atrazina. Se usan para controlar malezas de hoja ancha, en gran

variedad de cultivos. La mayor parte de los países importan el 2,4-D como ingrediente activo o como producto formulado. México destaca como productor del 2,4-D Latinoamérica.

Los derivados del 2,4-D pueden ser absorbidos por vía oral, cutánea o por inhalación durante su fabricación o al ser aplicado. Es posible la contaminación de las reservas de agua potable como resultado de la filtración de residuos agrícolas, y la exposición a través de los residuos presentes en alimentos. La exposición de la población en general ocurre principalmente por vía oral, en condiciones ocupacionales o de cercanía circunstancial la vía cutánea es sin lugar a dudas la más importante (Hurds y col., 2011)

El 2,4-D es un herbicida neurotóxico, puede causar daños al hígado, a los riñones, a los músculos y al tejido cerebral. Una vez que entra en el cuerpo se distribuye rápidamente y a mayores concentraciones aparecen en los riñones, en el hígado y en el sistema nervioso central. Los síntomas de la exposición incluyen dolor de pecho y del abdomen, dolor de cabeza, irritación de la garganta, náuseas, vómitos, mareos, fatiga, diarrea, pérdida temporal de la visión, pérdida de apetito y baja presión sanguínea.

Efectos Dañinos de los Plaguicidas en los Sistema del Cuerpo Humano

Sistema Endócrino

Como los pesticidas son pequeños compuestos lipofílicos pueden unirse a receptores nucleares que causan perturbación o modulación del canal expresión genético. El efecto antiandrogénico provoca daño en el desarrollo testicular, cambios histológicos, anorquia y disminución de la fertilidad (Luccio- Camelo y Prins, 2011).

Diclorvos es un insecticida Organofosforado que aumenta la apoptosis de las células de Leydig en los descendientes de ratas embarazadas, por otro lado, metoxicloro un organoclorado, induce la apoptosis testicular (Vaithinathan y col., 2010).

Toxicidad Reproductiva

La exposición a concentraciones muy bajas biológicamente relevantes del organoclorado dieldrina, puede afectar células fetales de Leydig que reducen la síntesis de testosterona, produciendo un efecto sobre el desarrollo reproductivo y la fecundidad de los adultos. La inhibición de la AChE en el hipotálamo después de la exposición OFs altera la tasa de secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) afectando la secreción de hormonas pituitarias que estimulan las gónadas (hormonas gonadotróficas), entre ellas las hormonas folioestimulante (FSH) y luteinizante (LH). Se comprobó la relación entre exposición a organofosforados y anomalías en la estructura funcional de las células seminales (Martenies y Perry, 2013).

Inhibición Tiroidea

La hormona estimuladora de la tiroides (TSH), producida en la adenohipófisis regulan la síntesis de la tiroides y el balance entre los niveles en suero de la triiodotiridoxina (T3) y la tiroxina (T4). Las hormonas en los humanos son esenciales para la regulación metabólica y mantener las funciones cardiovasculares, reproductivas y nerviosas. Se ha encontrado una relación entre hipotiroidismo y el uso de insecticidas organoclorados, fungicidas y herbicidas (Pellegriti y col. 2013; Ghisari y col., 2015).

Los organofosforados (OF) por sí solos, son capaces de interferir con la función endocrina al inhibir la unión de las hormonas tiroideas a sus receptores correspondientes. Los OFs también reducen el metabolismo del estradiol y trastoman su función normal mediante la inhibición de las enzimas del citocromo P450 (CYP450). Los OFs como el clorpirifos son capaces de inhibir la esteroidogénesis suprarrenal, afectando el estado hormonal (Lacasaña y col. 2010; Freyre y col., 2013).

Sistema Respiratorio

Los tipos de células encontradas en el sistema respiratorio se componen de pequeñas células epiteliales aéreas (SAECs) y células epiteliales bronquiales normales (NBEC). Durante la exposición crónica a plaguicidas las células pulmonares responden, se ha observado que en

éstas ocurre citotoxicidad o efectos en la viabilidad celular. La morfología de la célula cambia, se muestra un bloqueo de membrana y cromatina más condensada dentro de los núcleos, características de apoptosis. Los OF malation y paration y sus metabolitos (malaoxon y paraxon, respectivamente) producen un aumento en la dosis-respuesta a muerte de células epiteliales pulmonares (Angelini y col. 2015).

Sistema Inmunitario

Un compuesto inmunotóxico se define como un compuesto que puede alterar una o más funciones inmunes resultando en efectos adversos al huésped. Dos de los principales efectos son: disminución de la inmunocompetencia, lo que puede provocar infecciones severas y prolongadas, que dan origen al desarrollo de cáncer; e inmunoestimulación inapropiada lo cual puede provocar reacciones de hipersensibilidad y enfermedades autoinmunes (Corsini y col. 2013). La presencia de pesticidas en alimentos puede estar asociada con síntomas de intolerancia en alimentos (Jenerowicz y col. 2012).

Los OFs pueden afectar la respuesta inmune, incluyendo la producción de anticuerpos, y de interleucina 2, proliferación de células T, disminución de células CD5, aumento de las CD26 y autoanticuerpos, alteración de las citosinas Th1/Th2, inhibición de células NK, de las células asesinas linfocina-activadas y de la actividad citotóxica de los linfocitos T. En cuanto a organoclorados se ha demostrado que los niveles de DDE en plasma, disminuyen los niveles de IgG (Corsini y col. 2013).

Sistema Nervioso

La exposición a plaguicidas organofosforados (OFs) contribuyen trascendentalmente al neurodesarrollo. Se ha demostrado que exposición prenatal a OFs contribuye a la disminución de coeficiente intelectual en los niños (Bellinger, 2013). La exposición a organofosforados puede producir algunas consecuencias neurotóxicas a largo plazo como resultado de un envenenamiento agudo y después de una exposición a dosis subclínicas de organofosforados. La inhibición irreversible de la AChE después de la exposición organofosforados aguda puede producir daño cerebral debido a colinérgicos disfunción neuronal y excitotoxicidad. Las neuronas colinérgicas son dañadas por altas dosis de organofosforados y podrían ser

responsable de profundos trastornos neuropsiquiátricos y neuroconductuales, incluyendo la memoria, cognitiva, mental, emocional, déficits motora y sensorial (Chen, 2012, Kanavouras y otros, 2011; Androutsopoulos y col., 2011).

OBJETIVO GENERAL

Identificar los factores de riesgo por exposición a agua contaminada con herbicidas de los habitantes del Valle del Mayo mediante análisis estadísticos.

Objetivos Específicos

1. Identificar poblaciones cercanas a drenes y canales que estén expuestos a contaminación por herbicidas realizando visitas frecuentes a comunidades del Valle del Mayo
2. Formular estudio socioeconómico que incluya edad, género, ocupación, escolaridad, enfermedades y padecimientos frecuentes, dirigidos a las poblaciones seleccionadas.
3. Aplicar encuestas para calcular el riesgo de la población a tener padecimientos relacionados con el contacto a agua contaminada durante las visitas a las comunidades.
4. Analizar la información proporcionada mediante el software Epi Info versión 7.2 (CDC, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación Geográfica del Área de Estudio

La zona estudiada se encuentra localizada en el valle del mayo ($26^{\circ} 54' 39.9686''$ N, $109^{\circ} 37' 35.8118''$ W) al noreste de México en el sur del estado de Sonora en los municipios de Navojoa, Etchojoa y Huatabampo.

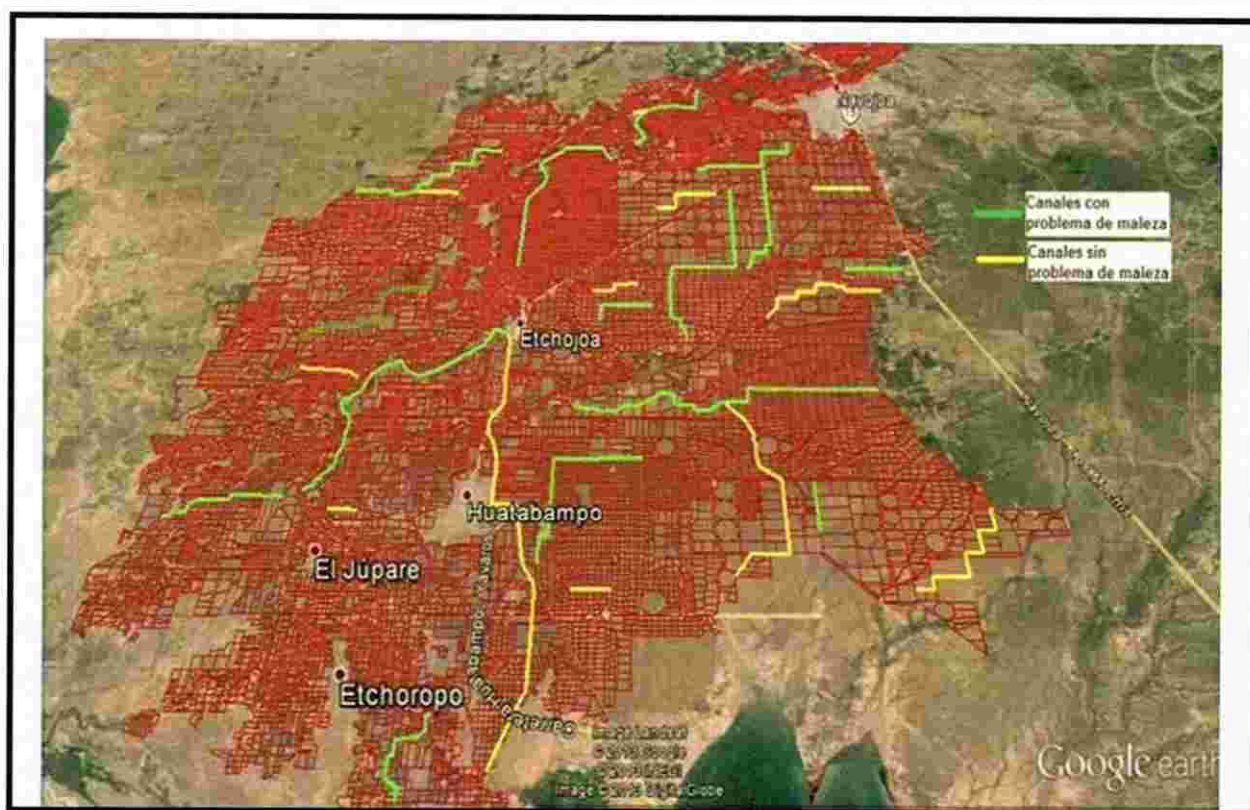


Figura 5. Mapa del Valle del Mayo.

Pre-selección de las comunidades

Mediante investigación cartográfica relacionada al Distrito de Riego del Río Mayo se localizaron las comunidades que estuvieran cercanas a canales de irrigación. Se tomaron en los siguientes parametros para pre-selección:

- 1) Los hogares de las personas participantes deben estar a menos de 50 m de un canal o dren de irrigación.
- 2) Los drenes o canales deben tener problemas de maleza (Figura 6)
- 3) Aplicación de la mezcla de herbicidas al menos dos veces por año
- 4) Dificil acceso a agua potable
- 5) Personas que laboren cerca de los drenes y canales



Figura 6. Aplicación de glifosato en drenes cercanos a pequeñas comunidades

Diseño del Experimento

Estudio Cohorte/población de estudio

Se realizó un estudio agrícola de salud el cual incluyó personas que se localizan en zonas cercanas a los drenes y hagan uso del agua para actividades domésticas y de consumo.

Tamaño de la población

Los datos estadísticos estiman que aproximadamente 3376 personas viven en pequeñas comunidades en el Valle del Mayo (INEGI, 2015). Se aplicará la siguiente fórmula para delimitar el tamaño de la muestra (n):

$$n = \frac{N \cdot Z_a^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z_a^2 \cdot p \cdot q}$$

Dónde: N, es el total de la población; $Z_a^2 = 1.96$ (si la seguridad es del 95%); p, es la proporción esperada (5%); q, es igual a 1-p y d, es la precisión (10%).

Estimación de la exposición

Se diseñaron encuestas socioeconómicas, consumo, salud y sintomatología y se aplicaron en las poblaciones de muestreo, se estimaron los patrones de consumo de agua y alimentos (tamaños de las porciones y la frecuencia de consumo).

Se caracterizó la población en grupos de edad, sexo, ocupación, escolaridad, condición socioeconómica, padecimientos y consumo de agua.

Se construyeron tres escenarios de exposición para el análisis:

- a) Los participantes toman agua de pozos privados cercanos a drenes de irrigación (siempre/nunca)
- b) Días acumulados a los cuales están expuestos (si usan el agua de pozo algunos días o siempre)

- c) Si están presentes durante la aplicación (exposición aérea)

Los niveles de intensidad fueron estimados usando los datos de los cuestionarios. Se evaluaron los padecimientos de mayor frecuencia y se asociaron a la exposición de gifosato.

Métodos Estadísticos

Las diferencias entre los grupos de exposición fueron analizadas usando el software estadístico Epi Info 7.2.2.2 (CDC, 2017) para Windows, obteniendo significación estadística entre cada una de las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El derecho al agua es de todos los seres humanos a disponer de agua suficiente, continua, salubre, accesible y fácil para el uso particular y doméstico. Esto incluye agua para preparación de alimentos, saneamiento personal, lavado de ropa y limpieza del hogar. A continuación se presenta los resultados de la investigación:

Selección de las Comunidades y Tamaño de la Población.

Las comunidades seleccionadas para evaluar la exposición fueron Saucobe, Colonia Soto, Sebampo y La Esquina (Figura 7); debido a que en la mayoría de los domicilios de éstos poblados existen pozos privados los cuales son utilizados por los habitantes para uso doméstico. Estos pozos suelen ser superficiales, de 3 a 6 m de profundidad, se recubren de piedra, ladrillo o cemento, por lo cual, se contaminan fácilmente, principalmente por infiltración; sobre todo tomando en cuenta que a escasos metros (6-8 m) se encuentran drenes o canales de riego. La contaminación de los pozos incrementa cuando existen bajos niveles de agua (Mundo, 2016).

Entre las 4 poblaciones seleccionadas se suma un total de 476 personas viven en casas que mantienen los requisitos de preselección. Para el cálculo de tamaño de la población se sustituyeron: $N=476$, $Z_{\alpha}^2=1.96$, $p=0.05$, $q=0.05$, $d=0.1$, resultando $n=46.09$. El total de participantes reunido fue de 64 personas, el 40% de los éstos provienen de la etnia indígena Mayo.

El noroeste de México es una zona árida, dónde al menos 4 meses por año existen problemas de suministro de agua. Hay que tomar en cuenta que el estatus económico se ve asociado directamente con exposición de agua residual de irrigación ($p \leq 0.05$). En las comunidades alejadas de los municipios en el Valle del Mayo son comúnmente abastecidas de agua por pipas, sin embargo, éstas suelen retardarse o dejar de pasar frecuentemente por lo que en la mayoría de los domicilios existen pozos privados los cuales son utilizados por la población para uso doméstico (CONAGUA, 2010).

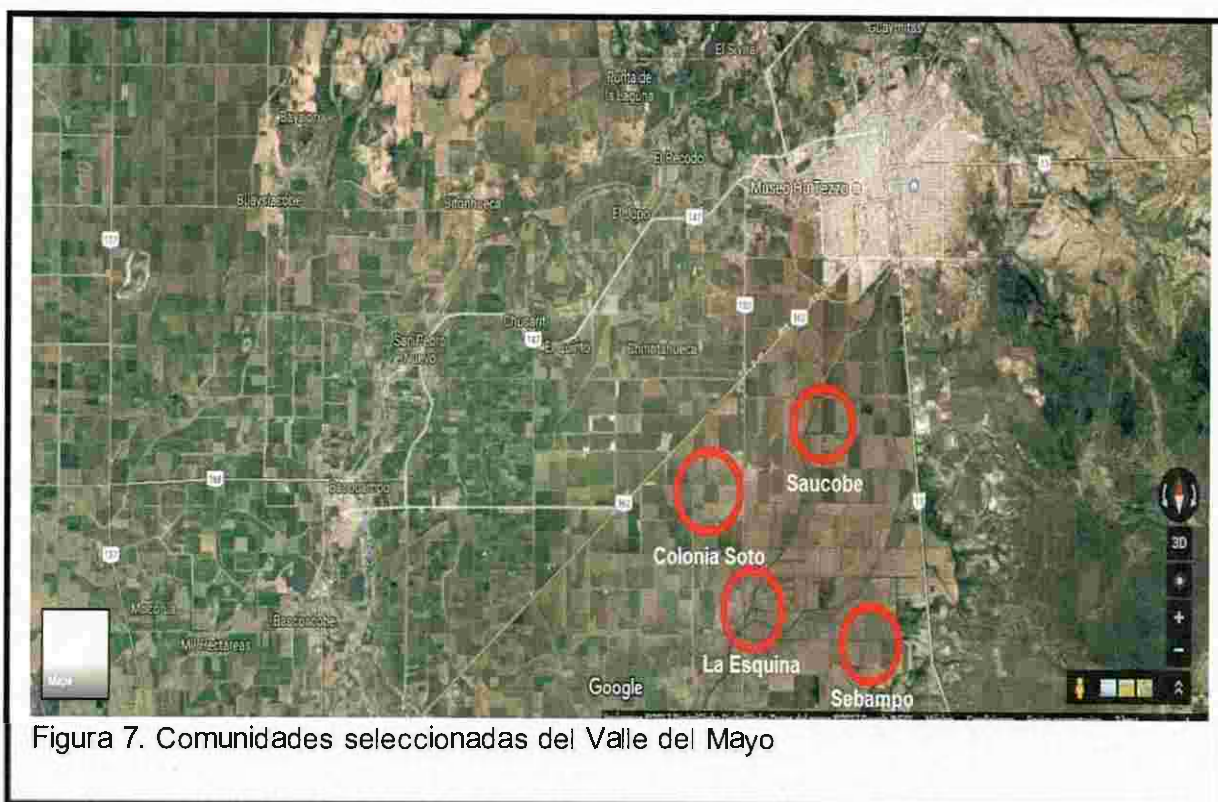


Figura 7. Comunidades seleccionadas del Valle del Mayo

Caracterización de la Población

El rango de edad de los participantes fue de 15 a 78 años en un promedio de 32 años de los cuales el 60.32% fueron mujeres (Figura 8). En otros países predominantemente las mujeres de origen indígena lidian con sequía y pobreza en sus comunidades y pugnan con el gobierno por mejores sistemas de abastecimiento del agua sobre todo cuando tienen el rol de madres jefas de familia (Lutz, 2005).

En México, la superficie agrícola varía entre 20 y 25 millones de hectáreas (Hernández y Hansen, 2011). Dentro del Valle del Mayo gran parte de la población entrevistada estuvo compuesta por alumnos de secundaria y bachillerato, observándose en las visitas a estas comunidades que los pobladores que trabajan regularmente no estaban de acuerdo en participar en la entrevista. Se observó que trabajan en el campo de cultivo dedicándose a la siembra o fumigación. Otros se dedican a la elaboración de ladrillos con el material que es extraído de los canales de riego, cuyo origen tiene el desmonte mecánico de maleza crecida (Figura 9).

Puesto que el agua es un recurso difícil de obtener en esta región del estado, los pobladores presentan dificultades en su aseo personal, saltándose hábitos higiénicos como el aseo bucal, la ducha, y el lavado de manos. Otra dificultad que padece esta población es que para cubrir la necesidad de ir al baño tienen que acudir al patio de sus hogares donde se encuentran letrinas o en varios casos tienen que hacerlo al aire libre. Todas las regiones agrícolas donde se aplican herbicidas también se definen como potencialmente peligrosas, por la posibilidad de la contaminación del suelo y de fuentes de agua potable.

Participantes por sexo

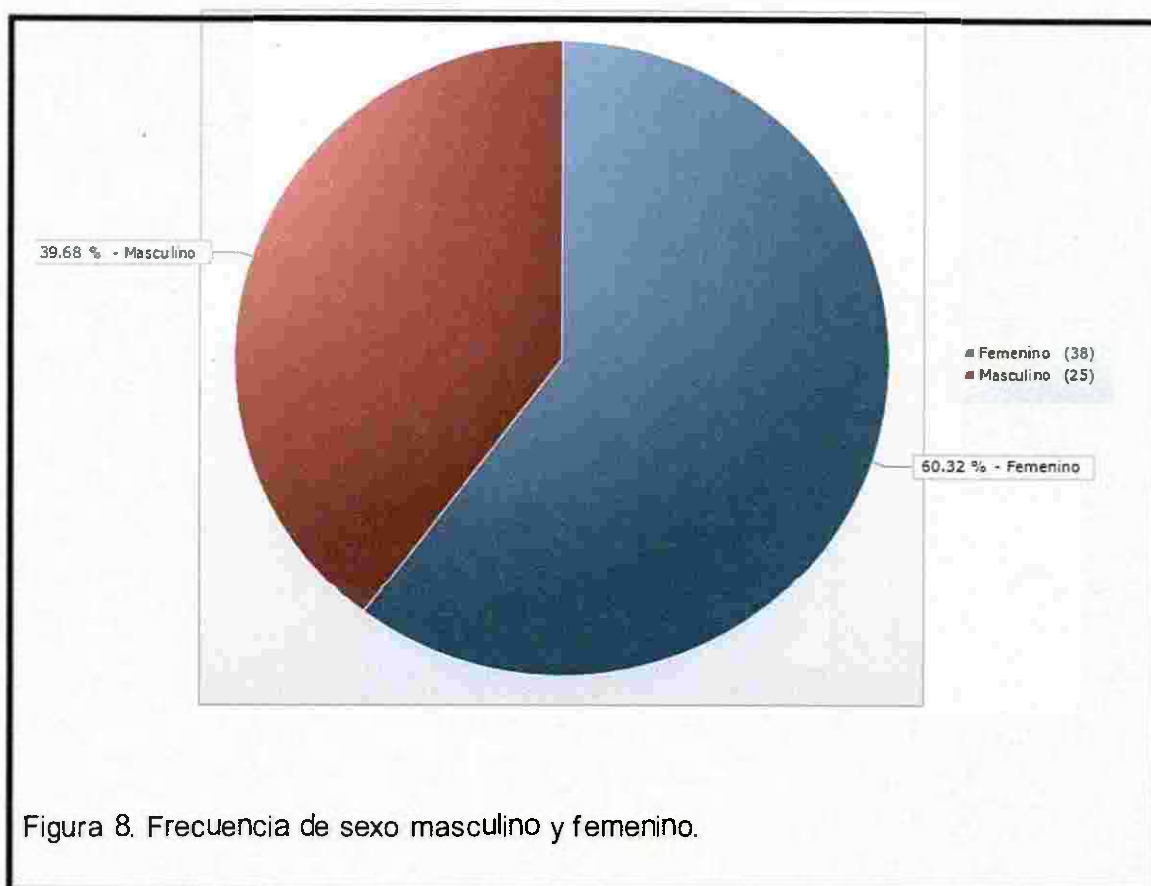
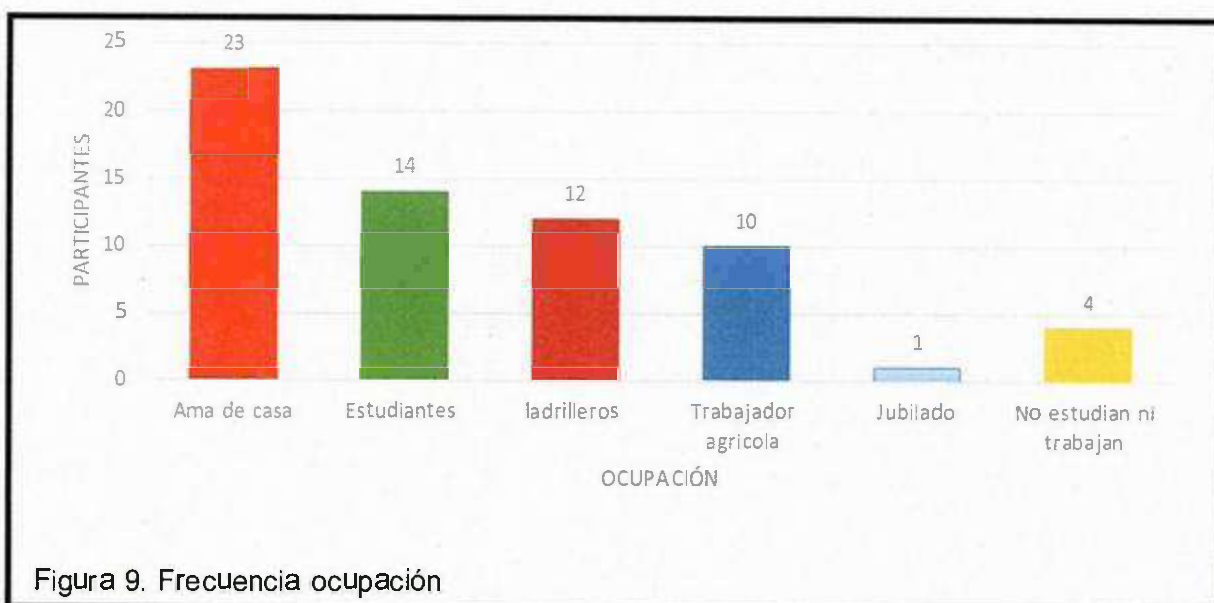


Figura 8. Frecuencia de sexo masculino y femenino.

Cuando se toca el tema de poblaciones expuestas, no puede dejarse de lado el tópico de equidad ambiental. Este concepto establece que la pobreza y la marginación son factores que favorecen la exposición a las sustancias químicas y posiblemente, también posibilitan un mayor efecto tóxico de ellas.

Puesto que la mayoría de los participantes estuvieron en sus casas al momento de la aplicación de las encuestas fueron 58% amas de casa y estudiantes, el máximo nivel de estudios registrado es secundaria (Figura 10). La exposición a agua potencialmente contaminada será mayor para las amas de casa y los niños puesto que pasan mayor tiempo en el domicilio por lo que representan los principales grupos en riesgo.



Las variables analizadas fueron las siguientes: Uso de agua para consumo y/o actividades domésticas proveniente de: drenes o canales o de pozos privados y enfermedades que declaran tener los participantes. Otras variables tomadas en cuenta son: cantidad de agua ingerida por día, ocupación, tipos de alimentos consumidos, servicios médicos con los que cuenta y estatus socioeconómico.

El 50% dice no usar el agua de canal para actividades domésticas (Tabla 3). El 100 % de los participantes dice no consumir alimentos crudos (mariscos o pescado) pero si consumen vegetales de hoja y todos utilizan solo agua para lavar sus alimentos. Del total de los encuestados el 68% consume sus alimentos dentro de su casa (Tabla 4).

Tabla 3. Uso doméstico del agua

Uso doméstico del agua	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Hombres	6	15%	15%
Mujeres	14	35%	50%

Tabla 4. Consumo de alimentos dentro del hogar

Consumo de alimentos dentro del hogar	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Hombres	7	17.5%	17.5%
Mujeres	15	37.5%	55%

En cuanto a servicios médicos, 39% no tiene servicios médicos totalmente gratuitos y 31.7% padece frecuentemente de enfermedades respiratorias (Figura 11)

Los participantes a las encuestas dicen no beber agua directamente de canal, pero sí la utilizan para riego y actividades domésticas, las cuales incluyen: riego de patios, lavado de ropa, lavado de alimentos y agua utilizada en la elaboración de alimentos como caldos y sopas. Hay que tomar en cuenta que según las afirmaciones de los participantes no se consumen alimentos crudos, lo que descartaría el consumo de contaminantes de origen biológico (bacterias, parásitos), sin embargo, contaminantes químicos como plaguicidas, herbicidas y metales pesados no son descartados en su consumo indirecto (Calderón y Forero, 2013).

Condiciones Socioeconómicas

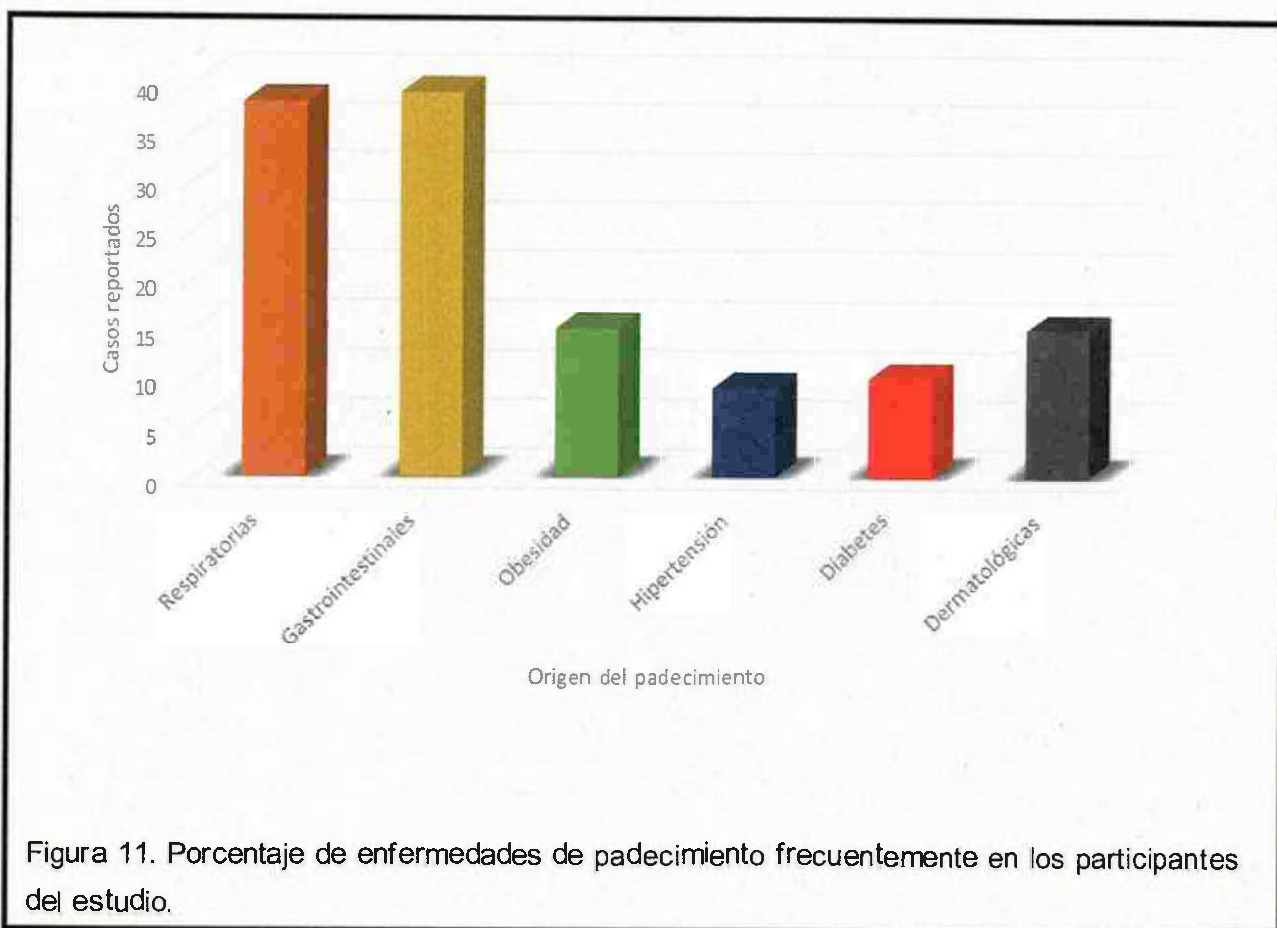
El promedio de ingresos de los participantes oscila entre 700 a 8000 pesos con un promedio de 3271.71, siendo la mayoría de sus egresos utilizados en educación. El 12.19% paga renta y sólo el 7.3 % de los encuestados cuentan con transporte privado.

Puesto que la mayoría de los encuestados no tiene medio de transporte es difícil que vayan hasta los municipios a comprar agua embotellada por lo que este factor incrementa la exposición al agua de pozo y/o dren o canal de riego.

Tomando en cuenta que 15 participantes ganan menos o igual al mínimo y 21 utilizan el agua para actividades domésticas la relación arrojada por *Epi info* se obtuvo un valor de p de 0.031 por lo que la relación entre status socioeconómico y exposición a agua de drenes es estadísticamente significativa.

Condiciones de salud

La población que fue encuestada declaró que padecía patologías como dermatológicas, gastrointestinales, respiratorias, hipertensión, obesidad, diabetes (Figura 11).



Glifosato y AMPA a concentraciones mayores de 5mM inducen efectos significativos en los eritrocitos humanos, y se ha comprobado que los metabolitos de glifosato causan un daño más severo. Se debe tomar en cuenta que 5mM equivale a $4.85 \times 10^5 \mu\text{g L}^{-1}$; por lo que se debe considerar que estos cambios en las células sanguíneas solo se darían en caso de intoxicación.

Se ha reportado que en pacientes con enfermedades crónicas se excreta mayor cantidad de residuos de glifosato en orina ($p=0.03$) que en personas sanas. Esto prueba que el ser humano está expuesto a la ingestión de glifosato en los alimentos y que éste posiblemente se acumula lentamente en tejido, conduciendo a defectos metabólicos en el sistema nervioso, endocrino, respiratorio y digestivo.

Los estudios sobre exposición a glifosato y daños genéticos realizados en la Universidad Católica de Ecuador, informan que el problema de las aspersiones aéreas con glifosato se ha agudizado en la zona de la frontera con Colombia; observándose un cambio en el estándar de salud de la población, los habitantes de la zona incrementaron dramáticamente los problemas respiratorios, gastrointestinales, alérgicos, dermatológicos, neurológicos y psicológicos (Hernández y col., 2011).

La *World Health Organization* (Organización Mundial de la Salud) ha establecido los Lineamientos para la Calidad del Agua Potable, los cuales son un soporte o guía para el desarrollo e implementación de estrategia de control de riesgos con la finalidad de garantizar la seguridad del suministro de agua potable, a través del control de las sustancias peligrosas que se puedan encontrar en ella, el uso del agua salubre es indispensable para la vida del ser humano, siendo así es notorio que se necesita para un sinfín de actividades diarias. También se reconoce que el agua forma parte esencial de grandes y variadas industrias, una de ellas la industria agrícola. Sin embargo, aún conociendo su valiosa importancia, no es posible encontrarla en todos los lugares y tampoco es posible tener acceso a agua de calidad en cualquier momento (WHO, 2011).

Según la Organización de las Naciones Unidas (2009) las instalaciones de agua y saneamiento deben encontrarse dentro o a proximidad de cada hogar, y pueden comprender las instalaciones tales como pozos o letrinas excavadas.

Los herbicidas utilizados en la agricultura tienen su destino hacia las aguas subterráneas y superficiales como lo son ríos o lagos, y fundamentalmente por arrastre con la posibilidad de contaminar los reservorios de agua para consumo humano por sus características de solubilidad en el agua y oportunidad de vida media.

Existe una relación significativa entre status socioeconómico y exposición a agua potencialmente contaminada. Se elimina la relación de riesgos biológicos puesto que no se consume el agua directamente o sin hervir, sin embargo, se distingue un alto riesgo de consumo indirecto de agua contaminada por productos químicos (herbicidas y pesticidas) puesto que es agua proveniente de residuos de la agricultura.

De las cuatro comunidades seleccionadas que cumplieron con las características para ser tomadas en cuenta dentro de este trabajo, se obtuvo la siguiente tabla (Tabla 5), donde es

posible observar que en Colonia Soto es la comunidad donde hubo mas participantes y donde se utiliza mayormente el agua de pozo para beber.

Tabla 5. Uso de agua de pozo privado para beber.

Uso de agua de pozo privado para beber			
Lugar de procedencia	No	Si	Total
Col. Soto	15	6	21
Fila%	71.43%	28.57%	100.00%
Columna%	37.50%	25.00%	32.81%
La Esquina	5	6	11
Fila%	45.45%	54.55%	100.00%
Columna%	12.50%	25.00%	17.19%
Saucobe	7	8	15
Fila%	46.67%	53.33%	100.00%
Columna%	17.50%	33.33%	23.44%
Sebampo	13	4	17
Fila%	76.47%	23.53%	100.00%
Columna%	32.50%	16.67%	26.56%
TOTAL	40	24	64
Fila%	62.50%	37.50%	100.00%
Columna%	100.00%	100.00%	100.00%

Se obtuvieron los siguientes resultados por medio del software Epi info 7.2 donde se analizó mediante una tabla 2x2xN la correlación estadísticamente entre los problemas de salud de las personas encuestadas y consumo de agua de pozos privados (Tablas 5-10).

Tabla 5. Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedad

	Si	No	Total
Si	24	3	27
Fila%	88.89%	11.11%	100.0%
Columna%	82.76%	8.57%	42.19%
No	5	32	37
Fila%	13.51%	86.49%	100.0%
Columna%	17.24%	91.43%	57.81%
Total	29	35	64
Fila%	45.31%	54.69%	100.0%
Columna%	100.0%	100.0%	100.0%

Se obtuvo un valor p de Fisher de 0.000, lo cual se destaca que existe una correlación estadísticamente significativa entre consumo de agua de pozos privados y enfermedad ($p < 0.05$).

Tabla 6. Relación entre exposición a agua contaminada y Diabetes

	Si	No	Total
Si	7	3	10
Fila%	70.0%	30.0%	100.0%
Columna%	29.17%	7.50%	15.63%
No	17	37	54
Fila%	31.48%	68.52%	100.0%
Columna%	70.83%	92.50%	84.38%
Total	24	40	64
Fila%	37.50%	62.50%	100.0%
Columna%	100.0%	100.0%	100.0%

Se obtuvo un resultado del valor de p de Fisher de 0.0267, lo cual se destaca que es estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Tabla 7. Relación entre exposición a agua contaminada e Hipertensión

	Si	No	Total
Si	9	0	9
Fila%	100.0%	0.0%	100.0%
Columna%	37.50%	0.0%	14.06%
No	15	40	55
Fila%	27.27%	72.73%	100.0%
Columna%	62.50%	100.0%	85.94%
Total	24	40	64
Fila%	37.50%	62.50%	100.0%
Columna%	100.0%	100.0%	100.0%

Se obtuvo un resultado del valor Fisher $p=0.00004$, que comprueba la inferencia estadística ($p<0.05$).

Tabla 8. Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedades gastrointestinales

	Si	No	Total
Si	17	18	35
Fila%	48.57%	51.43%	100.0%
Columna%	70.83%	45.00%	54.69%
No	7	22	29
Fila%	24.14%	75.86%	100.0%
Columna%	29.17%	55.00%	45.31%
Total	24	40	64
Fila%	37.50%	62.50%	100.0%
Columna%	100.0%	100.0%	100.0%

Se obtuvo un resultado del valor de Fisher $p=0.0689$, que señala que no existe una relación estadística con un nivel de significación por arriba del 95% ($p>0.05$).

Tabla 9. Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedades respiratorias

Respiratorias	Si	No	Total
Si	18	20	38
Fila%	47.37%	52.63%	100.0%
Columna%	75.0%	50.0%	59.38%
No	6	20	26
Fila%	23.08%	76.92%	100.0%
Columna%	25.0%	50.0%	40.63%
Total	24	40	64
Fila%	37.50%	62.50%	100.0%
Columna%	100.0%	100.0%	100.0%

Se obtuvo un valor de $p = 0.066$. La relación con esta enfermedad es menor al 95% ($p > 0.05$).

Tabla 10. Relación entre exposición a agua contaminada y enfermedades Dérmicas

	Si	No	Total
Si	8	7	15
Fila%	53.3%	46.67%	100.0%
Columna%	33.3%	17.50%	23.44%
No	16	33	49
Fila%	32.65%	67.35%	100.0%
Columna%	66.67%	82.50%	76.56%
Total	24	40	64
Fila%	37.50%	62.50%	100.0%
Columna%	100.0%	100.0%	100.0%

Se obtuvo un valor Fisher $p = 0.222$, lo cual se destaca que la correlación no es estadísticamente significativa ($p > 0.05$).

A pesar de que las enfermedades mas comunes expuestas por los participantes del estudio son padecimientos de origen gastrointestinal y respiratorio (Figura 11) estas enfermedades presentan una relación estadística menor al 95% (Tablas 8 y 9).

Las enfermedades con mayor correlación fueron diabetes e hipertensión (Tablas 6 y 7). Recientemente se ha planteado la hipótesis de que el estrés oxidativo es pieza clave de la hipertensión (Baradaran y col. 2014). Arrebola y col. (2015) demostraron que, en las personas con obesidad, la exposición a altos niveles de ciertos contaminantes orgánicos persistentes (está asociada con el riesgo de desarrollar hipertensión, independientemente de otros factores como la edad, el consumo de tabaco o alcohol. Además, los altos niveles de algunos de estos contaminantes duplican este riesgo.

En la investigación de Swanson y col. (2014) se hizo una correlación entre aplicación de glifosato y enfermedades crónicas. Los padecimientos con mayor significancia estadística (poca probabilidad de que la relación sea al azar) fueron autismo, cáncer de tiroides y demencia senil, también se presentó alta significancia con prevalencia e incidencia de diabetes, obesidad, cáncer de riñón y páncreas e hipertensión con una correlación menor al 90%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontró que las personas que consumen agua de pozos privados registran mayor frecuencia de enfermarse ($p \leq 0.05$).

Los padecimientos más comunes son enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dermatológicas, sin embargo la mayor correlación se dio para padecimientos como diabetes e hipertensión.

El consumo de agua de pozos privados es un factor de riesgo para hipertensión y diabetes en pobladores del Valle del Mayo.

Se recomienda utilizar análisis clínicos con muestras de orina y sangre en los habitantes de las comunidades encuestadas para verificar el posible hallazgo de glifosato o AMPA como producto metabólico.

BIBLIOGRAFÍA

Amrhein N, Schab J, Steinrücken. 1980. The mode of action of the herbicide glyphosate. *Naturwissenschaften*, 67(7):356-357.

Androutsopoulos VP, Kanavouras K, Tsatsakis AM. 2011. Role of paraoxonase 1 (PON1) in organophosphate metabolism: Implications in neurodegenerative diseases. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 256 (3): 418-424

Angelini D, Moyer R, Cole S, Willis K, Oyler J, Dorsey R, Salem H. 2015. The Pesticide Metabolites Paraoxon and Malaoxon Induce Cellular Death by Different Mechanisms in Cultured Human Pulmonary Cells. *International Journal of Toxicology* 34(5) 433-441.

Annett R, Habibi H, Hontela A. 2014. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. *Journal of applied toxicology*.

Arellano M, Vargas J. 2012. El plaguicida glifosato incrementa la V_{max} de la Ca^{2+} -ATPasa de membrana plasmática de eritrocito humano sin afectar su afinidad (Km) por el sustrato. 102-103.

Arrebola JP, Fernández MF, Martín-Olmedo P, Bonde JP, Martín-Rodríguez JL, Expósito J, Rubio-Domínguez A, Olea N. 2015. Historical exposure to persistent organic pollutants and risk of incident hypertension. *Environ Res*. 138:217-23. doi: 10.1016/j.envres.2015.02.018.

Baradaran A, Nasri H. and Rafieian-Kopae M. 2014. Oxidative stress and hypertension: Possibility of hypertension therapy with antioxidants. *Res Med Sci*. 19(4): 358-367.

Bellinger D. 2013. Prenatal Exposures to Environmental Chemicals and Children's Neurodevelopment: An Update Safety and Health at Work 4:1-11.

Benítez-Díaz D, Miranda-Contreras L. 2013. Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. Rev. Int. Contam. Ambie. 29 (Número especial sobre plaguicidas) 7-23.

Bosch C, Hommann K. (2011). Agua, saneamiento y la pobreza. (Ver: [http://cidbimena.desastres.hn/docum/Honduras/Aguasaneamientoylapobreza\(WB\).pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/Honduras/Aguasaneamientoylapobreza(WB).pdf)).

Burger M y Fernández S. (2004) Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. Rev. Méd. Urug. 20 (3): 202-207

Calderón-Muñoz RF, Forero-Pineda S. (2013). Implementación de un diseño piloto de bandejas de aireación para aguas, potencializado con microorganismos eficientes (Ver: <http://repository.ean.edu.co/handle/10882/50159>).

Cattani D, de Liz Oliveira Cavalli VL, Heinz Rieg CE, Domingues JT, et al. (2014). Mechanisms underlying the neurotoxicity induced by glyphosate-based herbicide in immature rat hippocampus: involvement of glutamate excitotoxicity. Toxicology 5:34-45.

CEH y CID [Committee on Environmental Health y Committee on Infectious Diseases]. 2009. Consumo de agua de pozos particulares y riesgos para los niños. Pediatrics, 67(6):363-9.

Chen Y. 2012. Organophosphate-induced brain damage: Mechanisms, neuropsychiatric and neurological consequences, and potential therapeutic strategies. Neuro Toxicology, 33 (3): 391-400

CMDSG [Comisión Mundial sobre la Dimensión Social de la Globalización]. Suiza. Por una globalización justa: crear oportunidades para todos; 2004 [actualización 2017 feb]. Disponible de: International Labour Organization. Accesado 2017 feb.

CONAGUA. 2010. Consejo consultivo del agua (Ver: <http://www.aguas.org.mx/sitio/index.php/panorama-del-agua/agua-en-mexico>)

Corsini E, Sokooti M, Galli C, Moretto A, Colosio C. 2013. Pesticide induced immunotoxicity in humans: A comprehensive review of the existing evidence. *Toxicology* 307: 123-135

Dominguez-Serrano J. 2010. El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. *Gest Pol P  b.*19(2):311-350.

ECHA. 2017. Glyphosate not classified as a carcinogen by ECHA (Ver: <https://echa.europa.eu/-/glyphosate-not-classified-as-a-carcinogen-by-echa>)

EFSA. 2013. Glyphosate does not cause cancer: European Union chemical regulator (Ver: <http://www.efsa.europa.eu/>)

Garza-Almanza V, Fernández-Salas I, Badi   M, Flores-Suárez A, Hauad-Marroquín L, Villarreal-Rivera L. 2001. Evaluación de riesgo a la salud en la comunidad de Loma Blanca (Distrito de Riego 009) Valle de Juárez (México), por exposición a aguas residuales no tratadas. RESPYN (Ver: http://www.respyn.uanl.mx/ii/3/articulos/riesgo_salud.html)

Gonzalez G. 2010. Intoxicación por plaguicidas. Clinica Universitaria San Juan de Dios De Cartagena. Bogotá.

Guevara A, Lara J. 2015. Agua, pobreza y uso del tiempo en México. *Revista Electrónica Nova Scientia.* 466

Hernández A, Hansen A. 2011 Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimento. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27 (2) 128-129.

Hurds C, Randall J. 2011. *Weed Control Methods Handbook: Tools & Techniques for Use in Natural Areas.* Utah State University. 4.3-4.4.

Instituto Nacional de Estadística Geografía INEGI. Censos Económicos, 2014. Resultados Definitivos, 2015. Información Ambiental. Consumo de agua y personal ocupado. P 4.

Instituto Nacional de Estadística Geografía INEGI. 2017. Comunicado de Prensa XXX/17. P 2.
Jenerowicz D., Silny W., Dańczak-Pazdrowska A., Polańska A., Osmola-Mańkowska A., Olek-Hrab K. (2012). Environmental factors and allergic diseases. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 19 (3): 475-481.

Kanavouras K, Tzatzarakis MN, Mastorodemos V, Plaitakis A, Tsatsakis AM. 2011. A case report of motor neuron disease in a patient showing significant level of DDTs, HCHs and organophosphate metabolites in hair as well as levels of hexane and toluene in blood. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 256 (3): 399-404

Krüger M, Schledorn P, Schrödl W, Hoppe H-W, Lutz W, Shehata A. 2014, Detection of Glyphosate Residues in Animals and Humans. *J Environ Anal Toxicol* 4:2. DOI: 10.4172/2161-0525.1000210

Lacasaña M, López-Flores I, Rodríguez-Barranco M, Aguilar-Garduño C, Blanco-Muñoz J, Pérez-Méndez O, Gamboa R, Bassol S, Cebrian M. (2010). Association between organophosphate pesticides exposure and thyroid hormones in floriculture workers. *Toxicology and Applied Pharmacology* 243:19–26.

Luccio-Camelo D. y Prins G. (2011). Disruption of androgen receptor signaling in males by environmental chemicals. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology* 127:74- 82.

Lutz EL. 2005. Indigenous Peoples and Water Rights. (Ver:
<https://www.culturalsurvival.org/publications/cultural-survival-quarterly/none/indigenous-peoples-and-water-rights>

Martenies S, Perry M. (2013). Environmental and occupational pesticide exposure and human sperm parameters: A systematic review. *Toxicology* 307:66-73.

Mañas F, Peralta L, Raviolo J, García-Ovando H, Weyers A, Ugnia L, Gonzalez-Cid M, Larripa I, Gorla N. (2009) Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. *Ecotox Environ Safe*, 2 (3):834-837

Meza-Montenegro M, Mora-Alvarado D, Valenzuela-Quintanar AI, Balderas-Cortés JJ, Yañez-Estrada L, Gutiérrez-Coronado ML, Cuevas-Robles A, Gandolfi AJ. 2013. Exposure Assessment of Organochlorine Pesticides, Arsenic, and Lead in Children From the Major Agricultural Areas in Sonora, Mexico. *64*(3):519-27.

Mundo. 2016. Prohiben consumo de agua en La Bisbal por contaminación de dos herbicidas (Ver: <http://www.elmundo.es/cataluna/2016/08/06/57a616c0e5fdea28158b463a.html>)

NOM-250-SSA1-2014, Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, su control y vigilancia. Procedimiento sanitario de muestreo. Diario Oficial de la Federación. 2014. [Último acceso en 2015 Dic 29]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356607&fecha=15/08/2014

Oakes DJ, Webster WS, Brown-Woodman PDC, Ritchie HD. 2002. Testicular changes induced by chronic exposure to the herbicide formulation, Tordon 75D® (2,4-dichlorophenoxyacetic acid and picloram) in rats. *Reproductive Toxicology*, 16 (3): 281-289

OEHHA. 2017. Glyphosate Listed Effective July 7, 2017, as Known to the State of California to Cause Cancer". oehha.ca.gov. Retrieved 2017-07-07.

OMS [Organización Mundial de la Salud]. 2015. El derecho humano al agua y al saneamiento. Disponible en : The Unites Nations. Accesado 2017 enero 20.

Orta AL. 2002. Contaminación de las aguas por residuos químicos. *Fitosanidad*. 6(3):55-62

Paravani E, Sasal M, Sione S. 2016. Determinación de la concentración de glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA). *Rev. Int. Contam. Ambie.* 32 (4) 399-406, 2016. DOI: 10.20937/RICA.2016.32.04.03

Paulino SL. 2013. Entorno académico. 1ra ed. Obregón (son): Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. 210 p.

Pellegriti G, Frasca F, Regalbuto C, Squatrito S y Vigneri R. 2013. Worldwide Increasing Incidence of Thyroid Cancer: Update on Epidemiology and Risk Factors. *Journal of Cancer Epidemiology* DOI: 10.1155/2013/965212.

Rosenthal S. 2001. The Manila water concessions and their impact on the poor, New Heaven, Yale School of Forestry and Environmental Studies.

Salazar J, Aldana M. 2011. Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 8(2):23-28.

Sanchón MV. 2002. Contaminación del agua. *Salud Pública y AP de Salud*. Disponible en: Universidad de Cantabria, ciencias de la salud. Accesado 2017 febrero 18.

Samsel A, Seneff S. 2013. Glyphosate's Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases. 15, 1416-1463; doi:10.3390/e1504141

Swanson N, Leu A, Abrahamson J & Wallet B. 2014. Genetically engineered crops, glyphosate and the deterioration of health in the United States of America. *Journal of Organic Systems*, 9(2): 6-36.

UN-Water (United Nations). 2013. World Water Day 2013. Sitio web: Disponible en: <http://www.unwater.org/water-cooperation-2013/water-cooperation/facts-and-figures/en/>

USEPA. 2016. Glyphosate Issue Paper: Evaluation of Carcinogenic Potential. <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPP-2016-0385-0094>

Vaithinathan S., Saradha B., Mathur P. 2010. Methoxychlor induces apoptosis via mitochondria- and FasL-mediated pathways in adult rat testis. *Chemico-Biological Interactions* 185:110–118.

Vereecken H. 2005. Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Manag Sci*, (12):1139-51.

WHO [Organización mundial de la salud (por sus siglas en inglés)]. 2016. Agua. Disponible en: World Health Organization. Accesado 2017 febrero 18.

WHO [Organización mundial de la salud (por sus siglas en inglés)]. 2017. The cost of a polluted environment: 1.7 million child deaths a year, says WHO. Disponible en: World Health organization. Accesado 2017 marzo 2.

Zacharia JT. 2011. Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides, *Pesticides in the Modern World - Trends in Pesticides Analysis*, Stoytcheva M. (Ed.). InTech: Croacia.(Ver: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-trends-in-pesticidesanalysis/identity-physical-and-chemical-properties-of-pesticides>

ANEXOS

Encuesta

Evaluación de riesgos en la salud humana por glifosato en el Distrito de Riego del Rio Mayo.

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO, CONSUMO, SINTOMATOLOGÍA.

1. DATOS GENERALES

Nombre:	_____	Sexo:	_____	Edad:	_____
Apellido Paterno, Materno, Nombre					
Fecha De Nacimiento:	_____	Lugar y Origen:	_____		
Día/Mes/Año					
Estado civil	_____	Escolaridad:	_____	Ocupación	_____
Ultimo grado cursado					
Tipo de Discapacidad: _____					

2. IDENTIFICACION DOMICILIARIA

Domicilio:	_____	Teléfono:	_____	Medios
de transporte para llegar al domicilio: _____				

4.- INGRESOS Y EGRESOS DE LA FAMILIA

INGRESO mensual (registrar quién, cuánto aporta y suma total.).

EGRESOS mensuales

Tipos de Gastos		\$	_____	
Alimentación	Total de Egresos	\$	_____	
Gas, Combustible		\$	_____	
Renta		\$	_____	
Agua		\$	_____	
Predial	Importe			Tipo de gasto
Electricidad (Luz)	\$	_____		Transporte
Teléfono	\$	_____	\$	Educación
				Gastos médicos
				Recreación
				Abonos o créditos

Ropa y calzado		\$ _____	
Fondos de ahorro,		\$ _____	\$ _____
prestamos		\$ _____	
Crédito para		\$ _____	
construcción	\$ _____		
De vivienda	\$ _____	\$ _____	

5. VIVIENDA

Tenencia de la vivienda

Propia () Rentada () Prestada () Invasada ()

Tipo de vivienda

Casa sola () Departamento () Vecindad () Campamento () Albergue () Accesorio ()

Número de dormitorios: _____ Índice de hacinamiento: _____ Sala () Comedor ()

Cocina () Baño privado () Baño colectivo ()

Materia predominante en la construcción de la vivienda

Paredes: Tabique () Madera () Cartón () Otros materiales () Especificar: _____

Techos: Concreto () Lámina de asbesto () Lámina de cartón () Lámina metálica ()

Pisos: Mosaicos () Loseta () Cemento () Tierra apisonada () Madera ()

Otro material: (especificar) _____

Mobiliario:

Televisión () Estéreo () Video () DVD () Estufa () Horno de microondas ()

Lavadora () Centro de lavado () Refrigerador () Computadora ()

6. SALUD

Servicios médicos con los que cuenta la familia:

IMSS () ISSSTE () Centro de salud () Dispensario () Médico Privado () Otros ()

(Especifique) _____

Frecuencia con la que asiste el usuario al médico:

Una vez por semana () Mensualmente () Anualmente () Cuando se enferma ()

Enfermedades frecuentes en la familia:

Respiratorias () ¿Cuál(es)?

Gastrointestinales () ¿Cuál(es)?

Dermatológicas () ¿De qué tipo?

Neurológicas

Cáncer

Hipertensión ¿Quién la padece?

Obesidad ¿Quién la padece?

Diabetes mellitus ¿Quién la padece?

¿Quién la padece?

¿Quién la padece?

() ¿Cuál(es)? ¿Quién la padece?

() ¿Cuál(es)? ¿Quién la padece?

() ¿Cuál (es)? ¿Quién la padece?

() ¿Cuál (es)? ¿Quién la padece?

() ¿De qué tipo?

7. ALIMENTACIÓN

Tipo de alimento	Frecuencia de consumo	Cantidad	Grado de cocción	Lavado	Lugar donde se ingiere (dentro de casa o al aire libre)
Carnes (res, cerdo, pollo)					
Pescado y marisco					
Verduras					
Frutas					
Agua purificada					
Agua de grifo					
Agua de canal de riego					

8.- OBSERVACIONES (Actividades que se realizan con agua de canal)

9- Especifique si tiene animales domésticos en su domicilio (incluir ganado)

Firma y fecha de Aplicación

GLOSARIO

Acuífero: Roca o sedimento en una formación, grupo de formaciones, o parte de una formación que está saturada y es suficientemente permeable para transmitir cantidades económicas de agua a pozos y manantiales.

Agua residual: Agua de composición variada proveniente de las descargas de usos municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario, doméstico y, en general, de cualquier otro uso.

Contaminación del agua: Acción y efecto de introducir materia o inducir condiciones en el agua que impliquen una alteración de su calidad perjudicial en relación con sus usos posteriores o función ecológica.

Cuenca hidrológica: Área rodeada por un parteaguas dentro de la cual todos los escurrimientos confluyen para formar una sola corriente y que se extiende aguas abajo hasta el punto en que cruza el parteaguas.

Escasez de agua: Poca cantidad de agua. **Escurrimiento:** Volumen o caudal de agua que pasa por un punto determinado en un tiempo dado.

Infiltración: Volumen de agua (lluvia, ríos o recarga artificial) que atraviesa la superficie del terreno en un tiempo dado y ocupa los poros del suelo o roca (L).

Intrusión marina o salina: Penetración del agua del mar en un acuífero costero. Movimiento de agua salada tierra adentro, desplazando al agua dulce.

Nivel freático: Profundidad a la que se halla la cima del agua freática; es decir, el agua acumulada en el subsuelo que se puede aprovechar por medio de pozos (del griego φρέατος [freatos]; pozo).

Noria: Aprovechamiento de gran diámetro y poca profundidad que se utiliza para extraer agua subterránea.

Parteaguas: Límite entre cuerpos superficiales de agua. Se representa por un área topográficamente alta.

Porosidad: Relación entre el volumen de intersticios en una muestra dada de un medio poroso (suelo) y el volumen bruto del medio poroso, incluidos los huecos (%).

Precipitación: Agua meteórica que se acumula sobre la superficie terrestre, en cualquier estado (lluvia, nieve, granizo, rocío y escarcha). Se registra en pluviómetros o pluviógrafos instalados en estaciones climatológicas (L) y se expresa como precipitación total anual (suma de la precipitación de todos los meses del año) o precipitación media (promedio de la precipitación total).

Región hidrológica: Superficie de una cuenca o de un conjunto de ellas con características hidrológicas similares.

Sequía: Reducción temporal notable del agua y la humedad disponibles, por debajo de la cantidad normal o esperada para un período dado. La sequía es temporal y la aridez es una característica climática permanente de regiones con lluvia escasa.

Uso del agua: Empleo específico que se da al agua; por ejemplo, agrícola (agua del territorio nacional destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas) o doméstico (agua del territorio nacional destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de jardines, árboles y abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa). (todas estas palabras aparecen en el documento? Hay que checar



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

EXPOSICIÓN A AGUA CONTAMINADA



**González-Ayón Perla, Zayas-Luna Juan Manuel,
López-Ochoa Mario**

Universidad de Sonora, Unidad Regional Sur, Dpto. de Cs. Químico-Biológicas y
Agropecuarias, Lázaro Cárdenas #100 Col. Fco. Villa, Cp. 85880, Navojoa, Sonora.
Autor de correspondencia: **Dra. Ana Paola Balderrama Carmona**, Tel. 01 642 599 69.
Correo electrónico: pabal@navojoa.uson.mx

Resumen. El Valle del Mayo es uno de los mayores productores agrícolas en el noroeste de México. El presente estudio es un resultado preliminar del proyecto titulado: "Evaluación de riesgos a la salud humana por Glifosato y Ácido Aminometilfosfónico en el Valle del Mayo". Para evaluar exposición de agua en la población. Se realizó un estudio transversal por medio de encuestas socio-económicas y patrones de consumo obteniendo de evidencia que entre menor es el estatus socioeconómico mayor es la exposición a aguas químicamente contaminadas en la población del Valle del Mayo.

Introducción. En la región del Mayo, se utiliza un extenso sistema de irrigación que abastece a más de 180,000 hectáreas de cultivo, el cual consta de canales y drenes de irrigación. En comunidades rurales de escasos recursos, existen deficiencias de saneamiento y obtención de agua donde las personas utilizan el agua de drenes de irrigación para actividades domésticas y de consumo. La presente investigación es un estudio preliminar que pretende proporcionar información relevante en salud pública y disposición de agua.



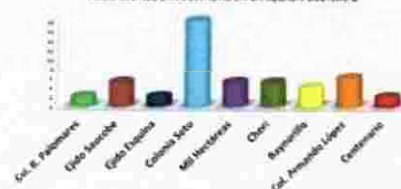
Aplicación de Glifosato en drenes cercanos a pequeñas localidades



Pozos situados a las cercanías de drenes de irrigación

Discusión y Resultados. Las personas que aplicaron (n= 49) son procedentes de diferentes poblaciones del Valle del Mayo. Los participantes encuestados viven en las periferias de los municipios y sus orígenes provienen de la etnia Mayo, sus casas colindan con drenes producto de irrigación.

POBLACIONES ENCUESTADAS EN LA REGIÓN DEL MAYO



PERSONAS QUE UTILIZAN AGUA DE POZO



CONSUMO DE ALIMENTOS DENTRO Y FUERA DEL HOGAR



Frecuencia de Ocupación

Ocupación	Frecuencia	Porcentaje
Estudiante	20	40.81%
Amo de Casa	23	46.93%
Jubilado	1	2.04%
Trabajador del Campo	5	10.20%

Frecuencia de Escolaridad

Escolaridad	Frecuencia	Porcentaje
Primaria	8	16.32%
Secundaria	27	55.10%
Preparatoria	3	6.12%
Carretera	8	16.32%
No Aplica	4	8.16%

ENFERMEDADES QUE PRESENTA LA POBLACIÓN ENCUESTADA (%)



Materiales y Métodos

Área de Estudio
Valle agrícola del Mayo
(26°54'33.9666"N,
109°37'35.6116"W,
307,390)

Estudio transversal descriptivo

Población de Estudio
Personas que residen en las cercanías de los drenes de irrigación.

Análisis Estadístico
Se utilizó el programa Epi Info para el análisis de los datos.

Tamaño de la Muestra
$$n = \frac{N^2 \cdot p \cdot q}{C^2 \cdot (1 + Z^2 \cdot p \cdot q)}$$



Levantamiento de encuestas en las comunidades

Conclusiones. Existe relación entre status socioeconómico y exposición a agua potencialmente contaminada (p<0.05). No se consume el agua directamente o sin hervir, sin embargo, se distingue un alto riesgo de consumo indirecto de agua contaminada por productos químicos (herbicidas y pesticidas) puesto que es agua proveniente de residuos de la agricultura.

Ponencia en el 33° Congreso Nacional y 7º Congreso Internacional de Servicio Social y Voluntariado

