



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**“CONCENTRACIÓN DE PLAGUICIDAS EN EL SUELO, EN EL DISTRITO DE
RIEGO 075-RÍO FUERTE. CASO DE ESTUDIO DEL MÓDULO DE RIEGO
SANTA ROSA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A

JOSÉ LUIS VILLA AVALOS

ASESORA: MTRA. ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

CIUDAD DE MÉXICO, 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, Lidia Avalos, por darme la vida y crianza y por todo su amor, paciencia y esfuerzo.

A mi papá, Ángel Villa, por la crianza y enseñanzas que me dio.

A mi hermano, Lorenzo Villa, por su firmeza y hermandad.

A mi hermana Rosa Elena Villa, por todo el apoyo que me ha brindado.

A mi hermana Gabriela Villa, por su comprensión y sinceridad.

A mi hermano Miguel Ángel Villa por su hermandad, amistad y compañerismo.

A mi esposa, Berenice Trinidad, quien amo profundamente, por todo su amor, compañía, comprensión y apoyo y por ser la persona que siempre saca todo lo mejor de mí.

A mis amigas y amigos, que sin ellas y ellos no hubiera podido llegar a ser quien soy ahora.

A la maestra Angélica Margarita Franco, por su infinita paciencia que me ha tenido y por permitirme concluir este trabajo bajo tu asesoría y que a pesar del paso del tiempo siempre confío en mí.

A los sinodales que me dieron la oportunidad de mostrarles mi trabajo.

Por último, quiero dedicar este trabajo a mi hija, Iris Quetzalli Villa Trinidad, que, aunque aún es una bebé, ya la amo con todo mi corazón. Y quiero demostrarle con este trabajo que con el debido esfuerzo, dedicación y tiempo se puede lograr lo que se proponga.

“La **unidad** de todas las ciencias se encuentra en la geografía. La **importancia** de la geografía es que presenta la **Tierra**, como la sede permanente de las ocupaciones del ser humano”

JOHN DEWEY

Índice

Introducción	I
Capítulo 1. Características geográficas y la importancia socioeconómica del Distrito de Riego 075-Río Fuerte	1
1.1 Ubicación	1
1.2 Provincia fisiográfica	3
1.3 Hidrografía	6
1.4 Climas	7
1.5 Suelos	11
1.6 Uso de suelo y vegetación	18
1.7 Importancia socioeconómica del Distrito de Riego 075-Río Fuerte	20
1.8 Antecedentes históricos	20
1.9 Características socioeconómicas de la población	21
1.10 Rendimientos agrícolas de los principales cultivos del DR-075	27
1.11 Actividad comercial en el DR-075	29
Capítulo 2. Posicionamiento teórico de la Geografía ambiental	31
2.1 Geografía	31
2.2 Medio Ambiente	32
2.3 Relación entre Geografía y Medio ambiente	33
2.3.1 Estudios ambientales en Geografía	33
2.4 Contaminación ambiental	34
2.4.1 Contaminación química	35
2.4.2 Efectos adversos de la contaminación	37
2.4.3 Criterios de riesgo por contaminación ambiental	38
2.5 Plagas	41

2.5.1 Plaguicidas	41
2.5.2 Clasificación de plaguicidas	42
2.5.3 Los plaguicidas en el medio ambiente	44
2.5.4 Los plaguicidas en la actualidad	46
2.5.5 Los plaguicidas en México	48
2.5.6 Regulación de plaguicidas en México	50
2.6 Degradación y contaminación del suelo	52
Capítulo 3. Resultados	54
3.1 Diagnóstico de la contaminación del suelo por uso de plaguicidas del DR-075	54
3.1.1 Degradación del suelo del DR-075	54
3.1.2 Contaminación difusa en el DR-075	55
3.1.3 Principales cultivos del módulo de riego Santa Rosa	55
3.2 Propuesta metodológica para estimar la concentración de plaguicidas en el suelo del Módulo de Riego Santa Rosa	57
3.2.1 Imágenes satelitales de alta resolución	60
3.2.2 Determinación de la pertinencia de los plaguicidas utilizados para los principales cultivos	61
3.3 Valoración del uso de agroquímicos en el módulo de riego Santa Rosa	63
3.3.1 Tipos y cantidades de plaguicidas utilizados en el módulo de riego Santa Rosa	64
3.3.2 Uso de plaguicidas de acuerdo a la clasificación de imágenes satelitales	71
3.3.3 Concentración de plaguicidas en el suelo del módulo Santa Rosa	76
Capítulo 4. Conclusiones	84
Anexo fotográfico	87
Fuentes	93

Índice de figuras

Fig. 1.1. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: localización geográfica	3
Fig. 1.2. Sinaloa: subprovincias fisiográficas	5
Fig. 1.3. Norte de Sinaloa: hidrografía	7
Fig. 1.4. Precipitación media anual por módulo (mm)	8
Fig. 1.5. Distribución media mensual de la precipitación en el DR-075	8
Fig. 1.6. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: climas	10
Fig. 1.7. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: suelos	13
Fig. 1.8. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: calidad del suelo según módulos de riego	17
Fig. 1.9. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: uso de suelo y vegetación	19
Fig. 1.10. Población Económicamente Activa por sector de actividad económica (%)	23
Fig. 1.11. Superficie agrícola y superficie del DR-075 por municipio (ha)	24
Fig. 1.12. Superficie del DR-075 por municipio (%)	24
Fig. 1.13. Producto Interno Bruto por municipio en Sinaloa (\$)	26
Fig. 1.14. Producto Interno Bruto per cápita por municipio en Sinaloa (\$)	26
Fig. 1.15. Productividad de los principales cultivos del DR-075 durante los ciclos agrícolas 2013/2014 y 2014/2015 (\$/ha)	29
Fig. 3.1. Módulo de Riego Santa Rosa. Tipos de cultivo	75
Fig. 3.2. Módulo de Riego Santa Rosa. Parcelas que utilizaron más de 100 l de Faena Fuerte. O/I, 2014-2015	78
Fig. 3.3. Módulo de Riego Santa Rosa. Parcelas que utilizaron más de 100 l de Faena Fuerte. O/I, 2014-2015	79
Fig. 3.4. Módulo de Riego Santa Rosa. Parcelas con concentración de Faena Fuerte de 100 mg/m ³ . O/I 2014-2015.	83

Índice de cuadros

Cuadro 1.1. Clasificación del suelo por clase según módulo de riego	16
Cuadro 1.2. Superficie sembrada y cosechada de los principales cultivos en el DR-075 durante los ciclos agrícolas 2013/2014 y 2014/2015	28
Cuadro 2.1. Algunas intoxicaciones masivas causadas por la contaminación de alimentos con plaguicidas	45
Cuadro 3.1. Principales cultivos del módulo de riego Santa Rosa en el ciclo agrícola 2013/2014, 2014/2015 (hectáreas)	56
Cuadro 3.2. Contaminación del suelo por uso de plaguicidas en el DR-075. Caso de estudio del Módulo de Riego Santa Rosa (2013-2015)	58
Cuadro 3.3. Plaguicidas comercializados y utilizados por la AARFS	62
Cuadro 3.4. Los Mochis, Sinaloa. Entrevistas con casas comercializadoras de insumos agrícolas	67
Cuadro 3.5. Módulo de riego Santa Rosa. Clasificación supervisada de la imagen satelital LANDSAT 8 del 24 de marzo de 2015	72
Cuadro 3.6. Módulo de riego Santa Rosa. Evaluación de la contaminación del suelo. Parte "A"	80
Cuadro 3.7. Módulo de riego Santa Rosa. Evaluación de la contaminación del suelo. Parte "B"	80
Apéndice 1	92

INTRODUCCIÓN

El módulo de riego Santa Rosa forma parte del distrito de riego 075-Río Fuerte (DR-075) que se localiza al norte del estado de Sinaloa, México; cuenta con la agricultura más moderna y tecnificada del país, por lo que dedica grandes extensiones de tierra a la agricultura de riego, modalidad que ocupa el 100% de la superficie sembrada del área de estudio (CONAGUA 2015, 2016). El DR-075 se ubica en los municipios de Guasave (213,150.75 ha) y Ahome (120,615.25 ha), que juntos conforman el 40% de la superficie que utiliza agroquímicos en la entidad (INEGI, 2007).

García (2012) menciona que en el estado de Sinaloa la aplicación de plaguicidas ha sido una de las principales fuentes de contaminación ambiental. Sobre esto, Albert (2005) resalta un mayor uso de los herbicidas (paraquat, glifosfato), seguidos de insecticidas (organofosforados: paration metílico, metamidofos, malatión) y fungicidas (mancozeb y clorotalonil), sumando alrededor de 3,000 toneladas de agroquímicos vertidos para el año 2013 (Programa Campo Limpio, 2013).

Entre las fuentes consultadas, se consideró el mapa de “Degradación de suelos”, elaborado por Arturo Garrido y Helena Cotler en su libro *“Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización”* (2010), en dicho mapa se indica que la región donde se encuentra el DR-075 presenta, en más del 50% de la superficie, una degradación química categorizada como extrema. En el mismo documento se encuentra el mapa de “Contaminación potencial difusa por agroquímicos”, en el que se observa que la región presenta una alta contaminación.

Es importante realizar una investigación relacionada con la contaminación del suelo por plaguicidas en el Módulo de Riego Santa Rosa por varias razones:

Una primera razón es porque el Módulo de Riego Santa Rosa es el más productivo del DR-075, que a su vez es el distrito de riego más productivo y genera las mayores ganancias de todo México (CONAGUA 2015, 2016), lo que supone un uso importante de agroquímicos para lograr altas producciones de alimentos de exportación, lo cual puede contribuir a la degradación del suelo y al deterioro del medio ambiente en general.

En segundo lugar, este trabajo aborda la contaminación del suelo por aplicación de plaguicidas. De tal manera que los componentes vertidos en el suelo pueden matar microorganismos que contribuyen con la fertilidad del suelo, o modificar su pH; otra forma de afectación puede ocurrir por lixiviación, donde los plaguicidas pueden alcanzar las aguas subterráneas que posiblemente se pueden utilizar para consumo humano; también podrían volatilizarse y contaminar la atmosfera. Por lo que el uso de agroquímicos puede contribuir al deterioro del medio ambiente (CENAPRED, 2006).

Al respecto, el CENAPRED (2006, pag. 85) menciona que: *“Los problemas relacionados con la contaminación del suelo recientemente han adquirido más relevancia, porque ha surgido mayor conocimiento del riesgo potencial que representa para la salud pública y el ambiente, así como por el tamaño del problema y del costo que implica su restauración”*.

Así mismo, de acuerdo con un estudio realizado por los servicios de salud de Sinaloa, la dirección de delegaciones sanitarias y el departamento de vigilancia epidemiológica, para el año 2010 se reportó una tasa de intoxicación de 7 personas por cada 100,000 habitantes (Delgado, 2010). Si bien son pocos los casos de intoxicación por uso de plaguicidas, es momento de actuar, ya que, de acuerdo con las nuevas tendencias de la medicina, en las que se pasa de una medicina curativa a una medicina preventiva, aún se encuentran a tiempo para prevenir los efectos de los plaguicidas en el medio ambiente y en el ser humano.

Los resultados aportados por esta investigación contribuirán con nuevos conocimientos dentro de la Geografía ambiental, y particularmente en el campo del deterioro ambiental y la contaminación. Gracias a la aplicación de la teoría y metodología de la evaluación de deterioro del suelo por contaminación se contribuirá al enriquecimiento del conocimiento dentro del área.

Este trabajo puede servir como fuente de consulta para los estudiantes de nivel licenciatura, que cursen las materias de Recursos Naturales y Geografía Ambiental, y que estén interesados en el deterioro y contaminación del medio ambiente y, principalmente del suelo. Los resultados de esta tesis podrían ser utilizados por

dependencias de gobierno como la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y por instituciones a fines que estén interesadas en realizar una primera evaluación de contaminación del suelo por el uso de plaguicidas, así como el posible saneamiento del suelo y por último a la identificación y prevención de posibles riesgos a la salud de los seres humanos.

Se afirma que el suelo del DR-075 y en específico del módulo de riego Santa Rosa está contaminado por el uso de plaguicidas. Por lo que el principal objetivo de este trabajo es conocer la distribución del uso de plaguicidas y su concentración en el suelo. Para ello se realizarán las siguientes acciones:

- * Elaborar la caracterización geográfica del DR-075.
- * Explicar las condiciones socioeconómicas del DR-075.
- * Exponer los aspectos teórico-conceptuales de la Geografía aplicados a la detección del uso de plaguicidas y su concentración en el suelo.
- * Identificar la distribución del uso de plaguicidas en el Módulo de Riego Santa Rosa.

Este trabajo se compone de tres apartados principales. En el primero se abordan temas relacionados con las características geográficas de la zona de estudio, así como la importancia socioeconómica que tiene dentro del país.

En el segundo capítulo se abordan temas teóricos que apoyan a posicionar este trabajo dentro de la geografía y más específico, dentro del estudio de la geografía ambiental. También se encuentran conceptos básicos que ayudan a tener una mejor comprensión del tema, como lo es la definición de plaguicida, plaga, así como una clasificación de los diversos tipos de contaminación, y se da un panorama de la situación actual del uso de plaguicidas en México.

En el tercer capítulo se presentan los resultados de la investigación, comenzando por los resultados obtenidos en gabinete, pasando por la información obtenida en campo y para finalizar con la aplicación de la metodología propuesta y la obtención de diversos mapas que representan la distribución del uso del herbicida Faena Fuerte en las inmediaciones del Módulo de Riego Santa Rosa.

Capítulo 1. Características geográficas y la importancia socioeconómica del Distrito de Riego 075-Río Fuerte

Describir las características geográficas es importante para esta investigación, ya que permite establecer relación entre el medio físico y la población, y así comprender cómo es que el DR-075 llegó a ser una de las regiones agrícolas más productivas y al mismo tiempo, una región altamente contaminada por agroquímicos.

En primera instancia se analizan los temas de las características físicas: ubicación, fisiografía, hidrografía, unidades climáticas, tipos de suelos, el uso de suelo y la vegetación. Posteriormente se describen las características poblacionales, como aspectos históricos y socioeconómicos importantes para conocer el desarrollo de la agricultura en la región a través del tiempo. Dentro de este marco se mencionan los principales cultivos que se producen en la región que ayudan a entender lo importante que es este distrito de riego para el estado de Sinaloa y para México, y que también da una idea de las cantidades de plaguicidas que se usan en la zona y de qué tipo son. Por último, se agregan brevemente algunas de las relaciones comerciales que tiene el DR-075.

1.1 Ubicación

El DR-075 se encuentra, junto con los otros siete distritos de riego del estado de Sinaloa (010-Culiacán-Humaya, 063-Guasave, 074-Mocorito, 076-Valle del Carrizo, 108-Elota-Piaxtla, 109-Río San Lorenzo y 111-Baluarto-Presidio) dentro del organismo de cuenca número III-Pacífico Norte. Comprende parte de los municipios de El Fuerte, Ahome, Guasave, y Sinaloa. Cuenta con una superficie con derecho a riego de 228,537 hectáreas y un total de 21,600 usuarios y está conformado por 13 módulos de riego (Red del Valle del Fuerte, 2019).

Se localiza entre los paralelos 25°12'27" y 26°6'48" de latitud Norte y los meridianos 108°15'51" y 109°19'15" de longitud Oeste y colinda al Norte con el Distrito de Riego 076-Valle del Carrizo, y al Sur con el Distrito de Riego 063-Guasave, al Este con la Sierra Madre Occidental, y al Oeste con el Océano Pacífico (CONAGUA, 2007).

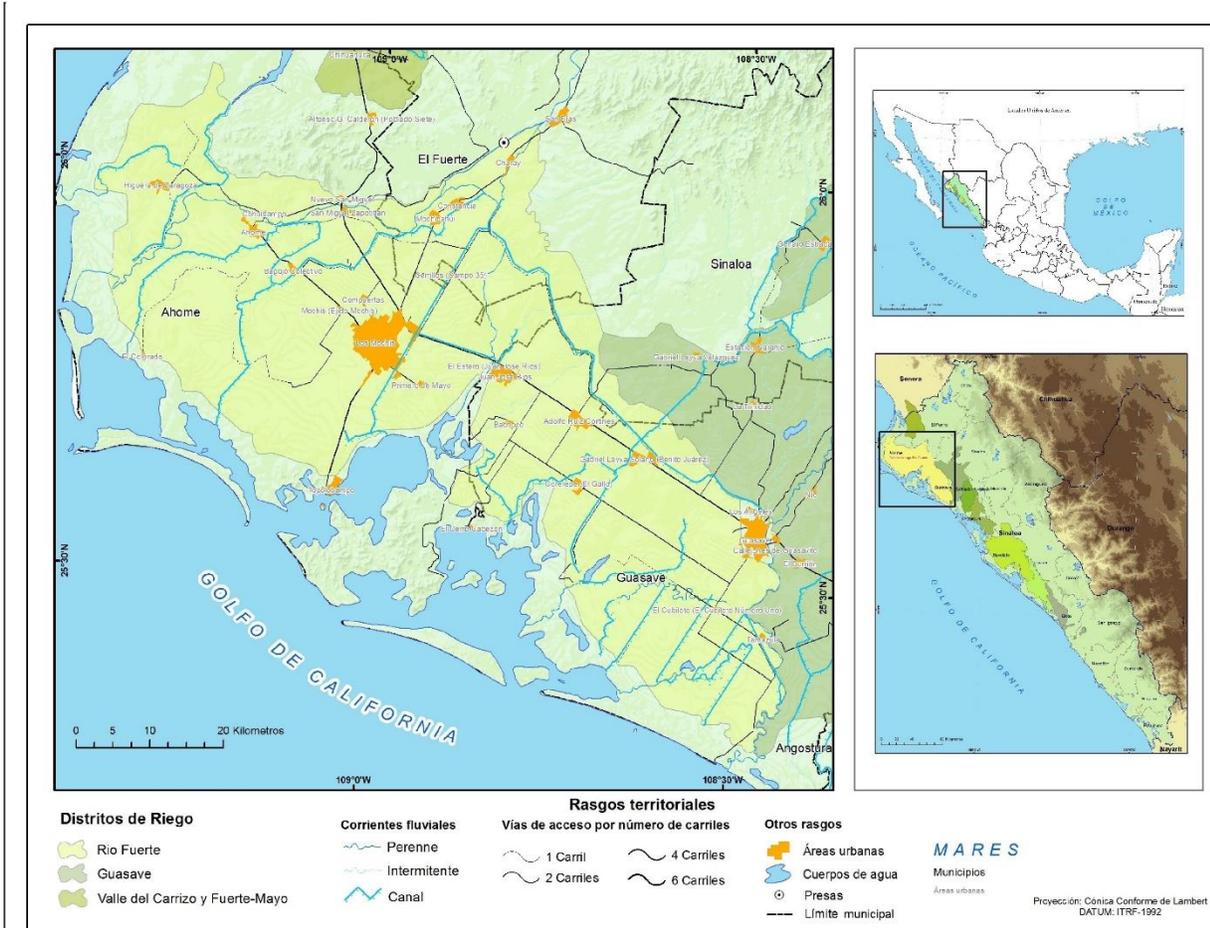
Según CONAGUA (2015, 2016), en lo que corresponde a los ciclos agrícolas del periodo 2013-2015, el organismo de cuenca del Pacífico Norte reporta la mayor superficie sembrada, cosechada (1,774,635 ha de superficie sembrada y 1,768,934 ha de superficie cosechada) y de mayor productividad de México (37,086,829.165\$). Las características naturales del DR-075 juegan un papel importante para que dicho distrito se haya convertido en el más productivo del país de los últimos años.

Los distritos de riego han sido establecidos mediante decreto presidencial desde 1926 a través de la Comisión Nacional de Irrigación. Un distrito de riego está constituido por vasos de almacenamiento, plantas de bombeo, pozos, canales, drenes, caminos, una zona federal y zonas de protección (CONAGUA, 2013).

El DR-075 se conforma por un sistema de presas interconectadas: Luis Donaldo Colosio Murrieta (Huites), Miguel Hidalgo y Costilla (Mahone), y Josefa Ortiz de Domínguez (El Sabino). Entre las tres presas tienen una capacidad total de almacenamiento de 9,170 millones de metros cúbicos (Mm³), y una capacidad útil de 5, 615 Mm³ al año (Red del Valle del Fuerte, 2019).

En la figura 1.1, se observa que el DR-075 se encuentra en una planicie, la cual es una zona óptima para el desarrollo de la agricultura al permitir el fácil acceso para la siembra y cosecha. Sin embargo, el hecho de ubicarse muy cerca de las zonas de desierto hace que requiera de un sistema de riego sofisticado para hacer llegar el agua a las zonas en donde llueve muy poco y donde se cultiva todo el año.

Figura 1.1. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: Localización Geográfica



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010

1.2 Provincia Fisiográfica

El DR-075 se encuentra en la Provincia Fisiográfica número VII Llanura Costera del Pacífico y en la Subprovincia número 32 Llanura Costera y Deltas de Sonora y Sinaloa.

Esta provincia es una planicie aluvial formada por la evolución de un sistema de deltas que ha avanzado paulatinamente hacia el Oeste. Estos deltas se han formado en las desembocaduras de los ríos Mayo, Fuerte, Sinaloa, Culiacán, San Lorenzo y Mocorito (INEGI, s/f.).

La Subprovincia número 32 está delimitada al Oeste por el litoral formado por barras, tómbolos y flechas causadas por las corrientes litorales, las mareas y el oleaje. Hacia el Este se encuentran una serie de sierras que datan del Precámbrico al Terciario inferior y están prácticamente cubiertas por la acción volcánica de la Sierra Madre Occidental (*Ibid.*).

Las rocas más antiguas que se encuentran en la región son de tipo metamórficas del Precámbrico y se encuentran en la Sierra de San Francisco ubicada al Norte de Los Mochis. Dicha sierra está conformada por moscovita y biotita con anfibolitas, presenta intrusiones de gabro y granodiorita, además de presentar desarrollo de pegmatitas y migmatitas (*Ibid.*).

A lo largo del borde oriental de la llanura se encuentra una serie de afloramientos aislados que datan del Paleozoico. Se constituyen principalmente de areniscas, lutitas, limolitas y calizas y algunas rocas metamórficas (*Ibid.*).

Figura 1.2. Sinaloa: Subprovincias fisiográficas



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010

1.3 Hidrografía

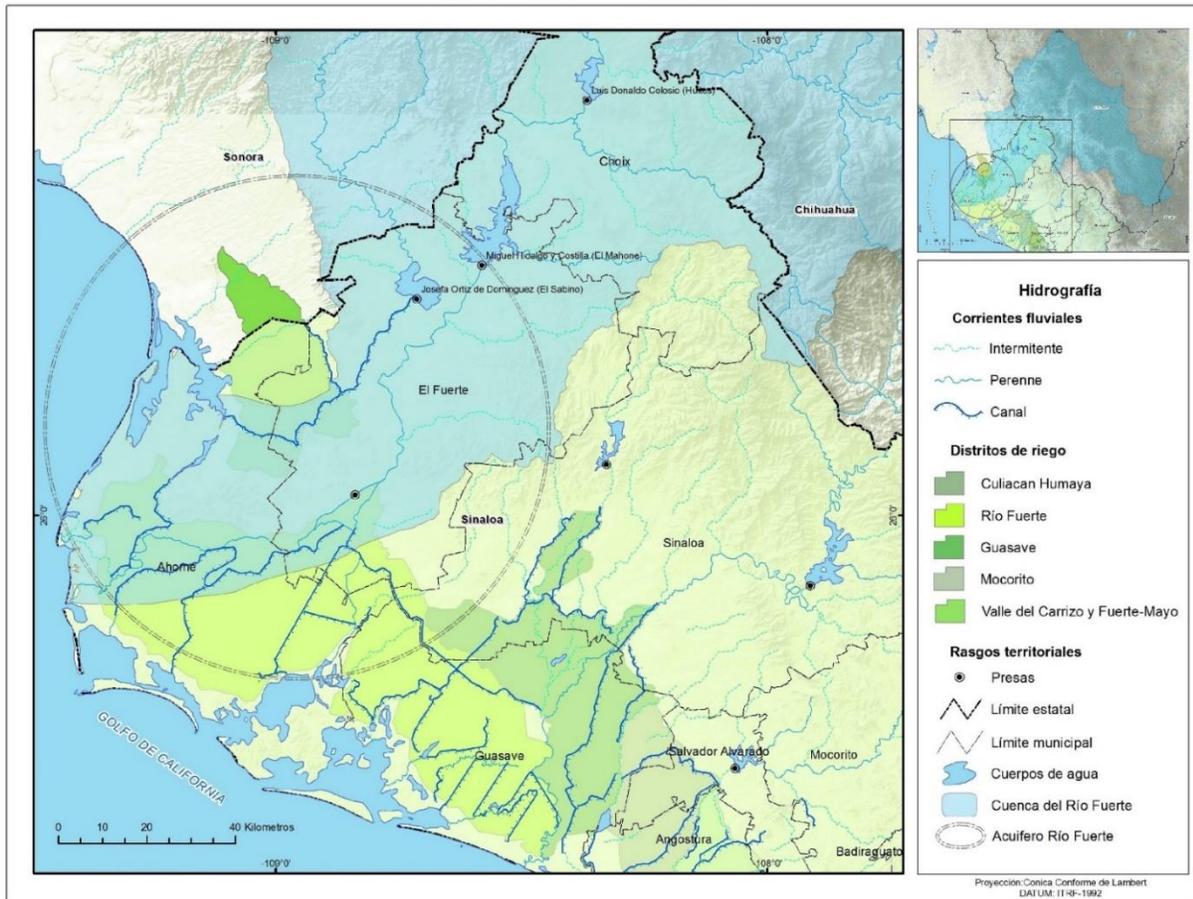
El DR-075 se encuentra en la cuenca del Río Fuerte, donde corre el río más importante del estado de Sinaloa, el cual lleva el mismo nombre (CONAGUA, 2013). Comprende una superficie de captación de 39,500 km². La parte más alta se encuentra en el parteaguas oriental de la cuenca del Río Verde en la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango, común a los ríos Nazas y Culiacán (CONAGUA, 2013).

El Río Fuerte nace de la confluencia de los ríos San Miguel y Urique en una zona de sierras escarpadas y profundos barrancos para desembocar en el Océano Pacífico y alcanza una longitud de 670 km. De acuerdo con el registro de la estación hidrométrica Huites, ubicada aguas arriba de la presa del mismo nombre, la parte baja del Río Fuerte recibe contribuciones de otros afluentes como: Río Choix, Arroyo Álamos, Arroyo Septentrión, entre otros, útiles para el área de riego del DR-075 (*Ibid.*).

En la zona del DR-075 existe un acuífero denominado Río Fuerte de unos 856.55 km² de área y está ubicado a unos 220 km al norte de la ciudad de Culiacán; es decir, se encuentra en la zona de mayor explotación de aguas subterráneas aprovechadas por los módulos de riego del DR-075 (*Ibid.*).

En el DR-075 el agua que se aprovecha para la agricultura proviene de los escurrimientos superficiales que son almacenados en la presa Miguel Hidalgo, la cual descarga sobre el Río Fuerte (fig. 1.3).

Figura 1.3. Norte de Sinaloa: Hidrografía



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010a, y CONAGUA, 2007)

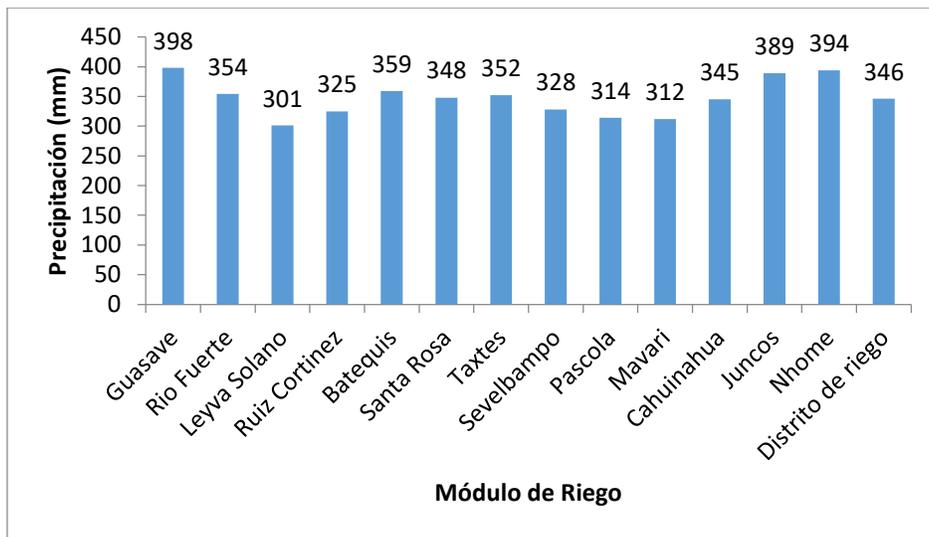
1.4 Climas

El clima, de acuerdo con la información de INEGI, 2010a, en el DR-075, cerca de un 90% de su territorio es de clima BW(h')hw, que es un seco desértico, muy cálido con régimen de lluvias de verano que no superan los 400 mm al año, temperaturas medias anuales mayores a los 22°C y temperaturas del mes más frío menores a los 18°C.

Otro clima que se encuentra dentro del DR-075 es el BS0(h')hw, el cual, es un seco estepario, cálido con un régimen de lluvias de verano y temperatura media anual mayor a 22°C y temperaturas del mes más frío menores a 18°C (fig. 1.6).

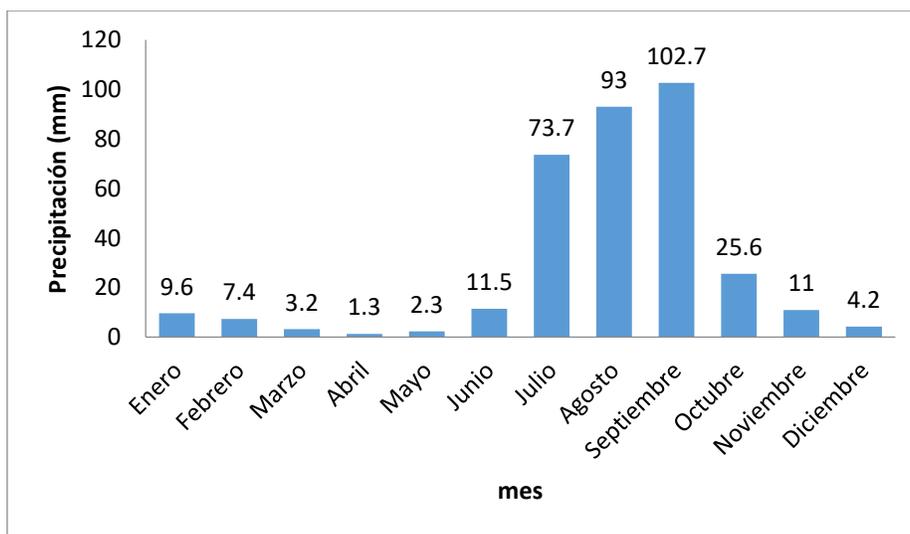
Como se puede observar, el clima no es óptimo para el desarrollo de la agricultura, ya que, son climas secos con poca precipitación, sin embargo, la agricultura puede llevarse a cabo gracias a que existen ríos caudalosos provenientes de la Sierra Madre Occidental, donde predominan los climas templados húmedos y subhúmedos y es donde nacen los ríos que se aprovechan para el riego del DR-075 (fig. 1.4).

Fig. 1.4. Precipitación media anual por módulo (mm)



Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2007a

Fig. 1.5. Distribución media mensual de la precipitación en el DR-075 (mm)

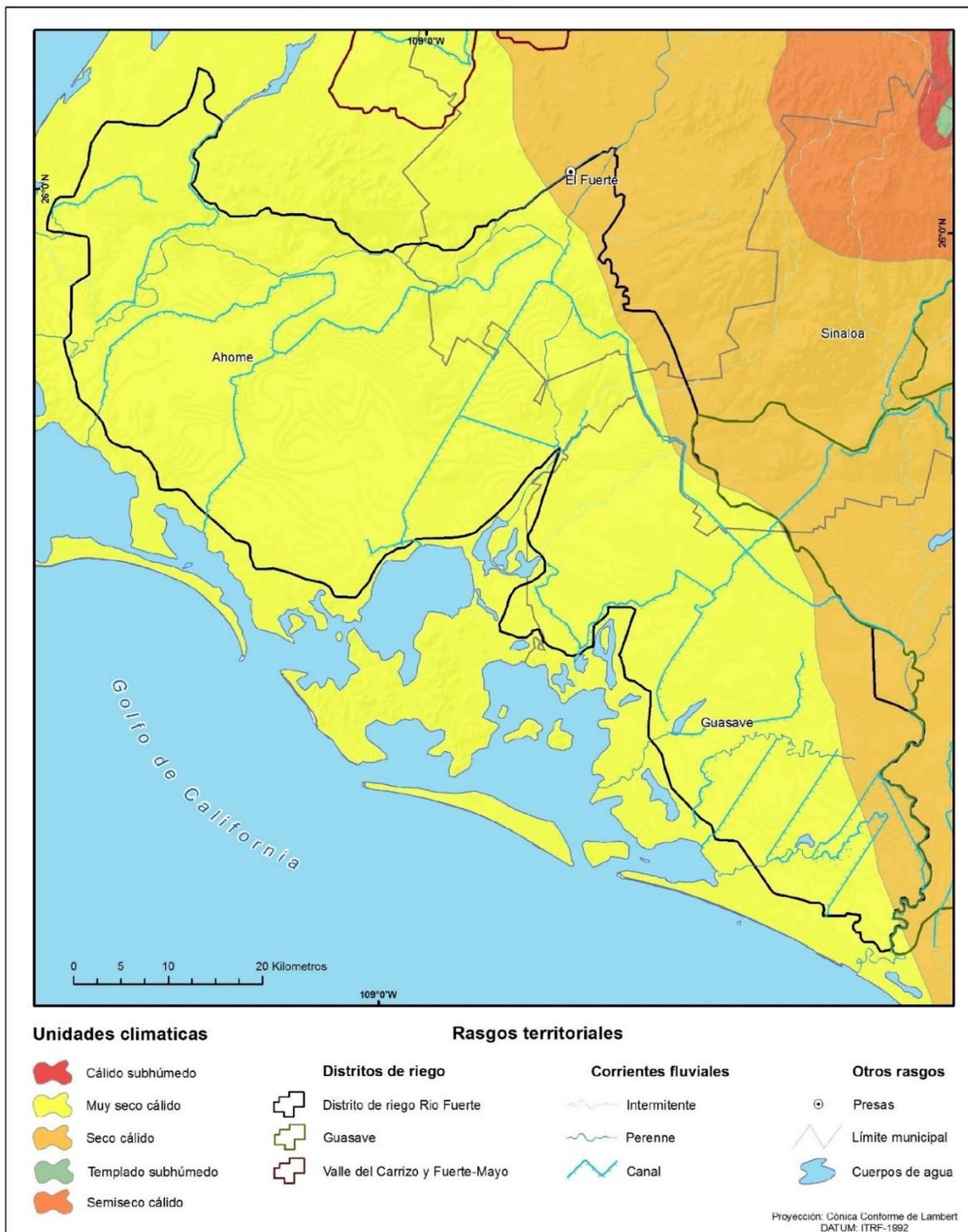


Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2007a

En las gráficas 1.4 y 1.5, se observa que la precipitación no llega siquiera a los 400 mm anuales por módulo, es decir, es una zona con poca precipitación. El módulo con mayor precipitación es Guasave (398 mm), seguido de Nhome (394 mm) y posteriormente Juncos (389 mm).

Los módulos donde menos llueve se encuentran pegados a la costa y son Leyva Solano (301 mm), Mavari (312 mm) y Pascola (314 mm). En la fig. 1.5 se observa que la mayor parte del año es seca y sólo se tiene lluvia en los meses de verano, de tal manera que septiembre el mes más lluvioso con poco más de 100 mm, esto demuestra que los climas de la región son bastante secos y con pocas lluvias a lo largo de todo el año.

Figura 1.6. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: Climas



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010a

1.5 Suelos

De acuerdo con INEGI, 2010a. En el DR-075 se encuentran los siguientes tipos de suelos:

Vertisoles, Cambisoles, Solonchak, Regosoles, Phaeozem, Fluvisoles y Luvisoles.

Los Vertisoles generalmente son arcillosos, cuando se encuentran húmedos son pegajosos y duros cuando están secos, en época de estiaje presentan grietas anchas y profundas, estas últimas características dificultan su manejo para la agricultura y ocasionan problemas de drenaje, por lo tanto, de inundación. Son suelos fértiles utilizados en la agricultura. Este tipo de suelo se encuentra en la porción centro y Este del distrito de riego y es el tipo de suelo que mayor superficie cubre en el DR-075 (Páez, 2011).

Los Cambisoles combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos. Presenta materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas. Este tipo de suelo se encuentra en una pequeña porción en el centro-Este del DR-075 (FAO, 2015).

Los Solonchak son suelos con altos contenidos de sales, se desarrollan principalmente en marismas o esteros, por lo que presentan vegetación halófila. El uso agrícola de estos suelos se limita a cultivos que sean altamente resistentes a las sales. Este tipo de suelo se ubican en las zonas más cercanas a la costa (*Ibid.*).

Los Regosoles están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. Muchos de estos suelos se correlacionan con taxa de suelos que están marcados por formación de suelos incipiente y material parental no consolidado. Este tipo de suelo se ubica principalmente en una pequeña zona al Noroeste del DR-075 cerca de una zona montañosa (Beltrán, 2020).

Los Phaeozems tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus, son suelos oscuros ricos en materia orgánica, cuentan con materiales no consolidados,

predominantemente básicos, eólicos. Se desarrollan en ambientes cálidos a frescos (tierras altas tropicales), suficientemente húmedas de modo que la mayoría de los años hay alguna percolación a través del suelo, pero también con períodos en los cuales el suelo se seca, la vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque. Este tipo de suelo se encuentra en pequeñas porciones al Norte y al Sur-Oeste del DR-075 (Beltrán, 2020).

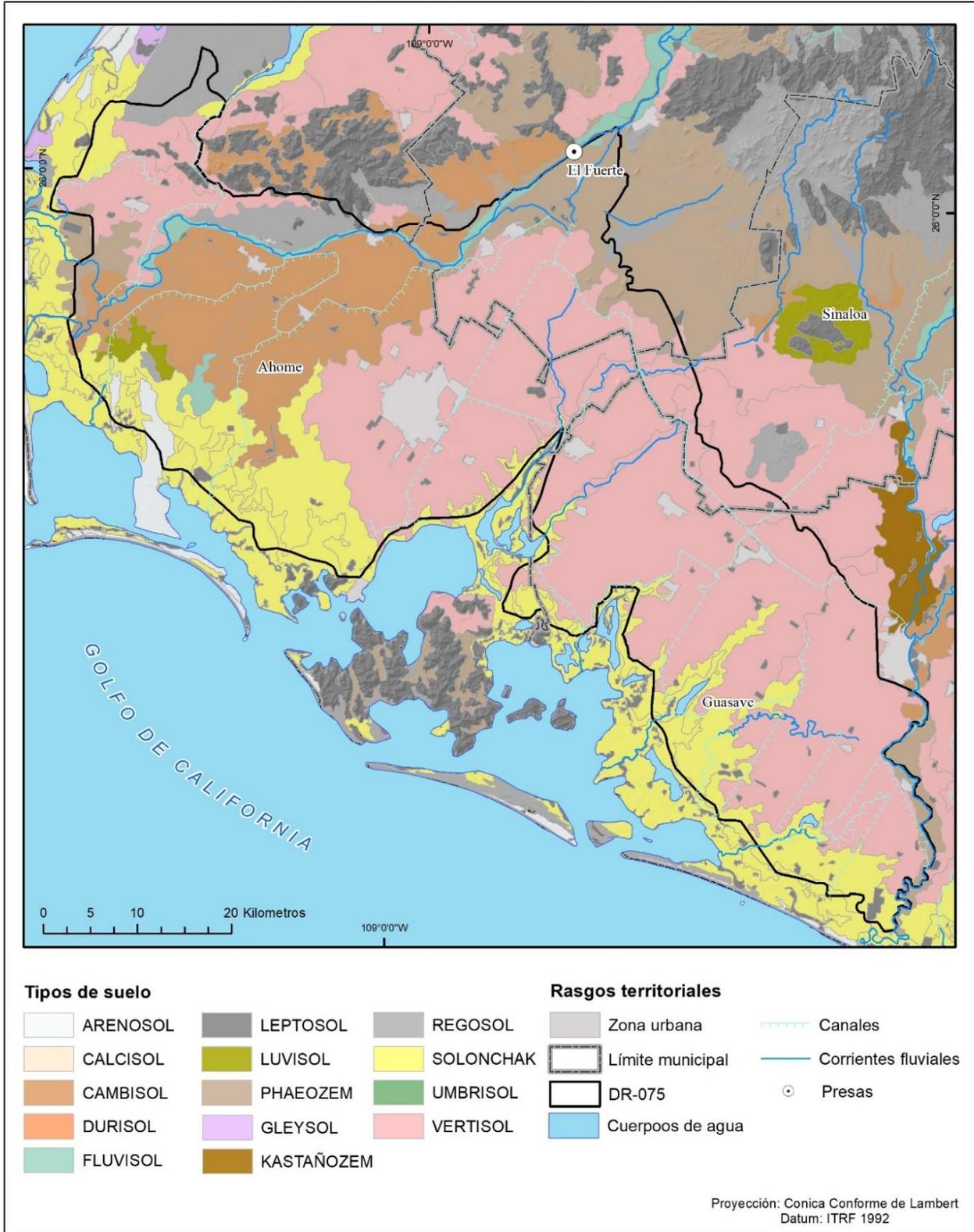
Los Fluvisoles se caracterizan por estar formados por depósitos de origen fluvial, lacustre o marino. Se encuentran predominantemente en áreas de inundación. Es muy común que este tipo de suelos se utilicen para la agricultura en lugares donde se cuenta con infraestructura de riego, como lo es el caso del DR-075 (FAO, 2015).

Los Luvisoles son suelos rojos, grises o pardos claros que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos. Estos suelos tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación con bases a ciertas profundidades. Se desarrollan principalmente en tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas, frescas y cálidas con estación seca y húmeda marcadas. Cabe destacar que este tipo de suelo se encuentra en una pequeña porción al Sur-Oeste del DR-075 (Fig. 1.7) (Beltrán, 2020).

Según el mapa de “Propiedades físicas y químicas del suelo”, del Atlas Nacional de México del Instituto de Geografía de la UNAM de 1990-1992, la mayor parte del DR-075 tiene suelos profundos, de más de 1 metro, sin capas endurecidas, ni acumulación de sílice, carbonatos o sodio que afecte a los cultivos.

Una porción al Sur del DR-075 y cercana a la costa presenta procesos combinados de salinización y acumulación de sodio, lo que provoca que los suelos tengan un pH superior a 8.5. Una porción al Norte y de igual manera cercana a la costa presenta altas concentraciones de sodio en el suelo y tiene un pH superior a 8.5.

Figura 1.7. Distrito de Riego 075-Río Fuerte: Suelos



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI a, 2010

De acuerdo con la carta de Capacidad de Uso de la Tierra del Instituto de Geografía de la UNAM (1992), el DR-075 cuenta con tierras aptas para la agricultura intensiva con obras de infraestructura para riego al contar con pendientes menores al 2%, suelos de más de 25 cm de profundidad, pedregosidad menor al 35%, con un drenaje que va de normal a lento y una erosión que va de imperceptible hasta pérdida del horizonte "A".

El DR-075 tiene suelos de calidades muy alta, alta, media y regular, equivalentes a las tierras de primera a cuarta clase aptas para la agricultura productiva con limitaciones leves. Así mismo, la carta de Capacidad de Uso de la Tierra del Instituto de Geografía de la UNAM (1992) recomienda la utilización de paquetes tecnológicos completos que incluyen: mecanización, uso de semillas mejoradas, selección de métodos de riego y control de todo tipo de plagas.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Klingebiel y Montgomery, 1961) afirma que, los suelos de primera clase son suelos con muy pocas limitantes para el uso agrícola, son casi planos y con pocos problemas de erosión, son profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, con buena capacidad de retención de agua, y responden a la fertilización.

Los suelos de segunda clase son aquellos que sufren de algunas limitantes que reducen la elección de plantas o requieren prácticas ligeras de conservación de suelos.

Las limitantes de estos suelos incluyen los efectos individuales o combinados de:

1. Pendiente suave.
2. Susceptibilidad moderada a la erosión por el agua o el viento, o efectos adversos moderados causados por erosión anterior.
3. Profundidad menor a la de un suelo ideal.
4. Estructuras y facilidad para el laboreo desfavorables.
5. Contenido moderado de sales y sodio, fácilmente corregible, pero con posibilidades de que vuelva a aparecer.
6. Daños a la vegetación ocasionados por inundaciones.

7. Exceso de humedad corregible mediante drenaje, pero con moderadas limitantes permanentes.

8. Limitantes ligeras del clima en el uso y manejo de los suelos.

Los de tercera clase son suelos con severas limitaciones que reducen aún más la selección de plantas o requieren prácticas especializadas de conservación o ambas.

Las limitaciones que incluyen estas tierras son los efectos individuales o combinados de:

- 1.** Pendientes moderadamente elevadas.
- 2.** Alta susceptibilidad a la erosión por agua o viento o efectos adversos severos causados por erosión anterior.
- 3.** Frecuentes inundaciones acompañadas de daños a las plantas.
- 4.** Muy baja fertilidad del subsuelo.
- 5.** Exceso de humedad o condiciones de saturación del suelo que continúan después de la construcción de drenes.
- 6.** Poca profundidad del suelo, debido a la presencia de roca subyacente o a un horizonte endurecido que limita la profundidad del enraizamiento y la capacidad de retención de agua.
- 7.** Baja capacidad de retención de humedad.
- 8.** Bajo contenido de nutrientes, por lo común alcalino-térreos, difícilmente corregibles.
- 9.** Salinidad y sodio en cantidades moderadas.
- 10.** Condiciones climáticas moderadamente limitantes.

La cuarta clase de suelos incluye aquellos que tienen limitantes muy severas que restringen la elección de cultivos o requieren de un manejo muy cuidadoso o ambos.

Las limitantes de estos suelos bajo cultivo incluyen los efectos individuales o combinados de:

- 1.** Pendientes muy pronunciadas.
- 2.** Severa susceptibilidad a la erosión por el agua o el viento.

3. Efectos adversos severos, causados por erosión anterior.
4. Suelos de poco espesor.
5. Baja capacidad de retención de humedad.
6. Inundaciones frecuentes que afectan severamente los cultivos.
7. Peligro continuo de exceso de humedad.
8. Afectación severa de sales de sodio.
9. Efectos moderadamente adversos del clima.

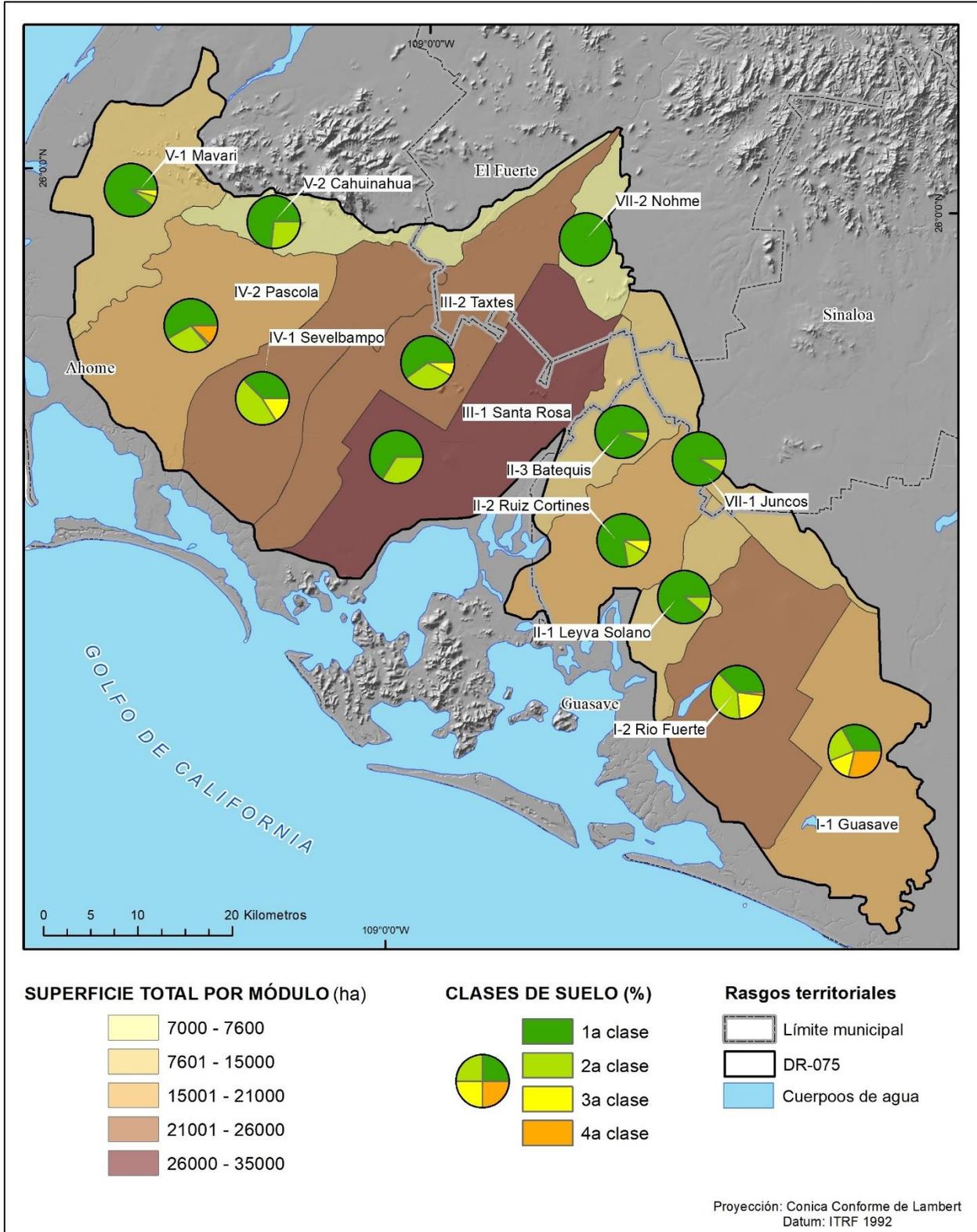
De acuerdo con información recopilada en los módulos por el “*Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego 075 Río Fuerte, Sinaloa*”, los suelos se distribuyen por clase como lo muestra la siguiente tabla:

Cuadro 1.1. Clasificación del suelo por clase según módulo de riego

Módulo	Área (ha)	Clase 1		Clase 2		Clase 3		Clase 4	
		Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup (ha)	%
I-1 Guasave	19,624	6,495.5	33.1	4,493.9	22.9	3,002.5	15.3	5,632.1	28.7
I-2 Río Fuerte	25,290	9,442.4	37.3	9,938.1	39.3	5,413.8	21.4	495.7	2
II-1 Leyva Solano	14,267.6	12,683.9	88.9	1,583.7	11.1	0	0	0	0
II-2 Ruiz Cortinez	18,904.3	14,688.7	77.7	2,684.4	14.2	1,531.3	8.1	0	0
II-3 Batequis	12,052.3	11,329.1	94	723.1	6	0	0	0	0
III-1 Santa Rosa	34,315.7	22,510.7	65.6	11,605	33.8	0	0	200	0.6
III-2 Taxtes	24,945.8	14,967.5	60	7,982.7	32	1,995.7	8	0	0
IV-1 Sevelbampo	23,402.9	8,659.1	37	10,765.3	46	3,744.5	16	234	1
IV-2 Pascola	21,511.9	12,519.9	58.2	6,044.9	28.1	339.9	1.6	2,607.2	12.1
V-1 Mavari	14,877	13,389.3	90	892.6	6	595.1	4	0	0
V-2 Cahuinahua	6,984.4	5,134.3	73.5	1,850.2	26.5	0	0	0	0
VII-1 Junocs	13,013.6	11,894.4	91.4	1,119.2	8.6	0	0	0	0
VII-2 Nohme	7,563.5	7,563.5	100	0	0	0	0	0	0
Total	236,753.1	151,278.3	63.9	59,683.1	25.2	16,622.6	7	9,169.08	3.9

Fuente: Elaborado con base en CONAGUA, 2007a

Figura 1.8. Distrito de Riego 075-Río Fuerte. Calidad del suelo según módulos de riego



Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA, 2007a

Se puede observar en la figura 1.8 que el módulo Nohme tiene los mejores suelos, ya que todo su territorio es de primera clase; por el contrario, se encuentra el módulo Guasave que cuenta con suelos de primera, segunda, tercera y hasta cuarta clase.

El módulo Santa Rosa tiene un 65.6% con suelos de muy alta calidad. Sin embargo, se aprecia que los cuatro módulos que tienen más de 90% de suelos de muy alta calidad no alcanzan las 15,000 ha de superficie, mientras que el 65.6% de Santa Rosa equivale a 22,510.7 hectáreas; es decir, que Santa Rosa tiene mucha más superficie con suelos de primera calidad que aquellos que tienen cerca del 100% de su territorio.

En general, 10 de los 13 módulos cuentan con más del 50% de su superficie con suelos de primera calidad, los tres restantes apenas llegan al 37% (Río Fuerte con 37.3%, Sevelbampo con 37% y Guasave con 33%). Por otra parte, el área de suelo de primera clase de los módulos Río Fuerte y Sevelbampo supera cada una, el área del módulo Nhome, aunque la superficie de este último sea del 100% de su territorio de primera clase.

1.6 Uso de suelo y vegetación

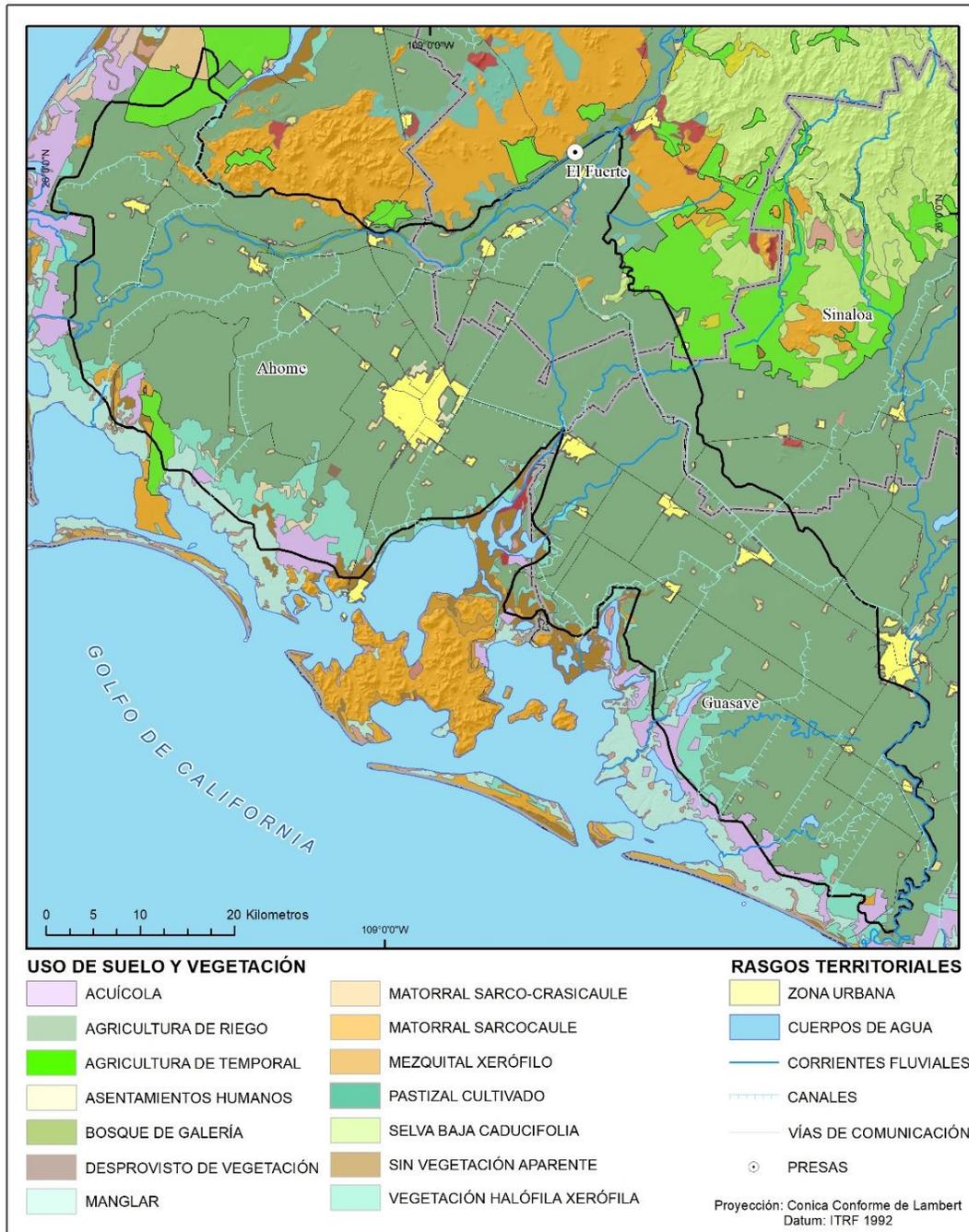
La totalidad de la superficie del DR-075 se encuentra cubierta por la agricultura de riego, excepto una zona al Norte del módulo Mavari y otra al Norte de Juncos que son de agricultura de temporal.

En la llanura costera, donde predominan los suelos con altos contenidos de sales predomina la vegetación Halófila; existen áreas de marismas en las zonas que van de los 0 a los 5 metros sobre el nivel del mar donde se pueden encontrar especies como: *Abronia* sp, *Trianthema ipomoea*, *Pes-Caprae riñonina*. También existen algunas especies de manglar en bahías protegidas y desembocaduras de los ríos, tales como: *Rhizophora* sp, Mangle rojo, *Avicennia* sp, y *Conocarpus* sp.

También se observan pequeños manchones de bosque espinoso y matorral microfilo con pequeños árboles y arbustos espinosos como: *PhytheceLOBium* sp Guamúchil, *Prosopis sulflora* mezquite. Y por último se encuentra el bosque de

galería y vegetación flotante en los canales y drenes como Tular y Carrizal (CONAGUA, 2007a) (fig. 1.9).

1.9. Distrito de Riego 075- Río Fuerte. Uso de Suelo y Vegetación



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2010a

1.7 Importancia socioeconómica del Distrito de Riego 075-Río Fuerte

En el periodo 2013-2015, el DR-075 ha sido el número uno de México en cuanto a superficie cosechada, ya que, para el ciclo agrícola 2013/2014 se cosecharon 273,200 ha, por encima del segundo (DR-041) que cosechó 234,100 ha. Para el ciclo 2014/2015 el DR-075 logró estar en el primer sitio con una superficie cosechada de 261,217 ha, por encima del mismo DR-041 que obtuvo 253,018 ha (CONAGUA 2015, 2016b), lo que lo convierte en el Distrito de Riego más importante del país.

1.8 Antecedentes históricos

La región del valle del Fuerte ha sido importante desde la época prehispánica al encontrarse en la zona tribus nómadas descendientes de los mexicas. Pero es en la época colonial en la que se descubre el verdadero potencial agrícola que tienen esas tierras (Ortega, 1999, citado en Paez, 2011).

Después del proceso de independencia es que llegaron a la región cerca de 1245 colonos provenientes de Estados Unidos de América y se asentaron principalmente en Los Mochis. Para 1890, Benjamin Francis Jhontson funda la Sinaloa Sugar Company en Los Mochis y es así que crece la producción de caña de azúcar y el tomate de exportación (Ortega, 1999, citado en Paez, 2011).

En 1932 se optimiza el desarrollo de la empresa agrícola relacionada con la seguridad de la tenencia de la tierra, créditos, extensión de impuestos, mejoras en vías de comunicación y obras hidráulicas, en este mismo año se funda la Asociación de Agricultores de Río Fuerte Sur (AARFS) y la Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa (CAADES) (Ibarra, 1995, citado en Paez, 2011).

Durante los años siguientes de la década de los 30, Sinaloa experimentó un importante crecimiento, a tal grado que casas comerciales de Boston, Chicago, California y Baltimore cubrían gastos de preparación de la tierra, recolección de fruto, transporte, y hasta compraban la cosecha del año siguiente. También operaban en Sinaloa empresas como: La Liga Agrícola Occidental Mexicana, la Bryan Phillips Inc. La México Arizona Trading Co. La Myers Darling and Hington Co.

La American Fruit Co. La Tully Vegetables Co. La Rivers Co. Incluso, para el año 1938 la familia Rokefeller comenzó a invertir en la agricultura en México (Aguilar y Romero, 2010).

Cuando comienza la revolución verde en México en 1950, comienza el verdadero riego en el valle del Fuerte con la creación de los canales Sicae y Cahuinahua, y en 1951 se crea el Distrito de Riego 075-Río Fuerte (Albert, 2005, CONAGUA, 2007a).

En el año de 1956 se termina la primera fase de la presa Miguel Hidalgo y comienza a operar de manera oficial el DR-075 y para el siguiente año se inaugura la presa Josefa Ortiz de Domínguez (CONAGUA, 2007a).

Durante la década de los 70 la agroindustria del Fuerte fue vendida a Heinz alimentos y Sinaloa experimenta una fuerte transformación hacia la modernización y contribuye de manera muy importante con exportaciones hacia Estados Unidos (Grammont, 1999, citado en Paez, 2011).

Para la década de los 80 la agricultura sinaloense recibe una fuerte inversión por parte del estado y se impulsan planes de desarrollo urbano en ciudades que servirán para abastecer de insumos a los distritos de riego como lo es el caso de Los Mochis. En esta época comienza a desarrollarse la actividad jornalera y se generan corrientes migratorias de Oaxaca, Durango, Michoacán, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco, Guerrero y Sinaloa hacia los distritos de riego en épocas de cosecha y pesca (*Ibid.*).

En el año de 1994 el gobierno retira subsidios y apoyos para la producción de granos y los agricultores se ven forzados a buscar cultivos rentables como hortalizas, caña de azúcar y algodón. En 1995 se crea la presa Luis Donaldo Colosio con la cual se consolida la agricultura de riego en el valle del Fuerte para convertirse hasta la fecha uno de los más grandes y productivos del país (*Ibid.*).

1.9 Características socioeconómicas de la población

La población se encuentra distribuida en poblados de diferente densidad y se concentra la mayor parte en Los Mochis, El Fuerte y San Blas, además de que son estas localidades, las que concentran el mayor grado de escolaridad (CONAGUA a,

2007). La economía de la región se basa principalmente en las actividades agrícolas, aunque también existe actividad industrial, de servicios, acuacultura, turismo y pecuaria.

De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010a), para el año 2010 en los municipios de Ahome, El Fuerte, Guasave y Sinaloa, que son los municipios que integran el DR-075 se concentraba un total de población de 888,029 personas que para entonces representaban el 32.08% de la población total del estado.

El municipio de Ahome es el municipio que registra el mayor número de habitantes con 416,299, seguido del municipio de Guasave con 285,912 habitantes, y entre los dos municipios suman 702,211 habitantes, de tal manera que el 79% de la población de los cuatro municipios se concentra en Ahome y Guasave. Esto debido a que en estos dos municipios se encuentra el mayor porcentaje de superficie del DR-075 y además que en Ahome se encuentra la ciudad de Los Mochis, la cual es la ciudad más grande de la región.

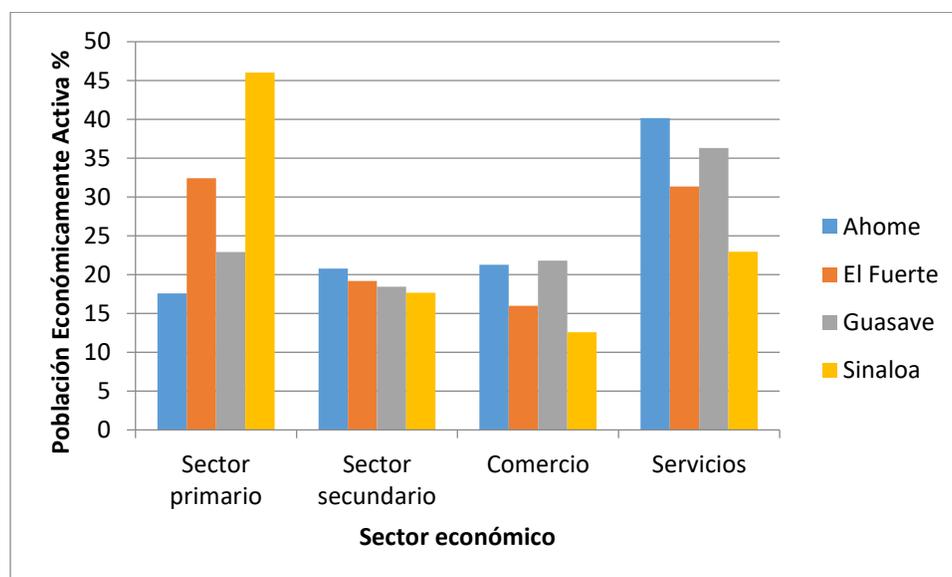
- Actividad económica por sector

Los municipios de Ahome y Guasave acaparan los más altos números en cuanto a Población Económicamente Activa (PEA) se trata, ya sea ocupada como desocupada; esto debido a que en dichos municipios se encuentran las ciudades más grandes de la región que son la ciudad de Los Mochis con 256,613 habitantes, equivalente al 61.64% municipal y la ciudad de Guasave con 71,196 habitantes equivalente a un 24.9% del municipio (INEGI, 2010a).

En cuanto a la PEA por sector de actividad económica se refiere, los municipios de Ahome y Guasave presentan los más bajos porcentajes de PEA ocupada en el sector primario correspondiente a agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca con 17.56% y 22.90% respectivamente; mientras que la actividad económica predominante son los servicios, que ocupan un 40.17% de la PEA ocupada en Ahome y un 36.29% en Guasave (INEGI, 2010a).

En el municipio de El Fuerte y Sinaloa predominan las actividades primarias con 32.41% y 46.01% de la PEA ocupada respectivamente, y la actividad que menos PEA ocupada concentra es el comercio con 15.97% en El Fuerte y 12.59% en Sinaloa (fig. 1.10).

Figura 1.10. Población Económicamente Activa por sector de actividad económica (%)



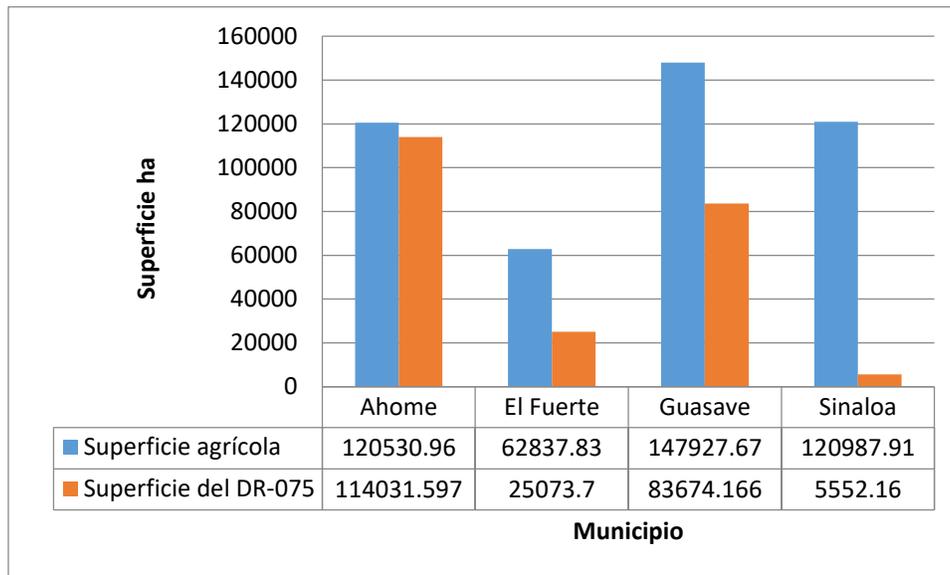
Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2010a

En un principio parecería contradictorio ya que, la mitad del DR-075 se encuentra en el municipio de Ahome, mientras que el municipio de Guasave tiene un 36.6% del DR-075 equivalente a unas 83,674 hectáreas. Mientras que entre los municipios de El Fuerte y Sinaloa alcanzan un 13.4% del DR-075, que equivalen a unas 30,626 ha. Esto quiere decir que, entre los municipios donde predominan las actividades primarias no concentran ni siquiera la mitad de superficie que tiene el municipio de Guasave del DR-075.

Para el censo agropecuario de 2007b de INEGI, el municipio de Guasave es el que concentra la mayor área agrícola de los municipios que conforman el DR-075 con 147,927.67 ha, le sigue el municipio de Sinaloa con 120,987.91 ha, Ahome con 120,530.96 ha y por último El Fuerte con 62,837.83 ha. Esto podría explicar en parte por qué hay un mayor porcentaje de gente que se dedica a actividades primarias en

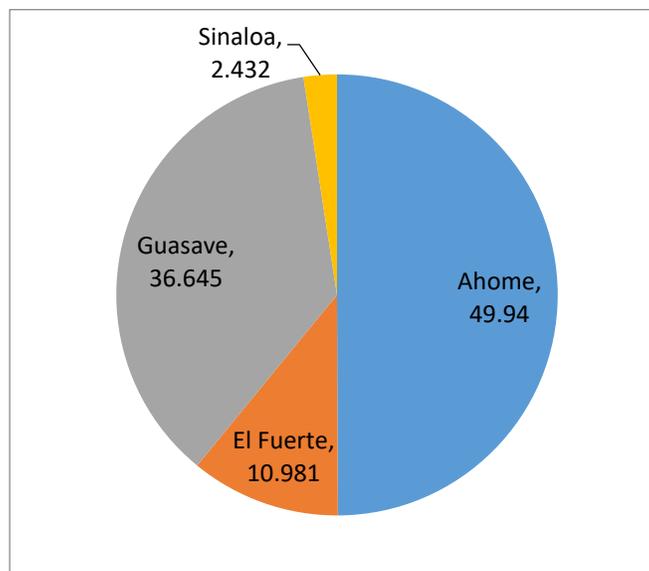
Sinaloa y El Fuerte que en Ahome y Guasave. Además, en estos dos últimos municipios se encuentran las localidades más grandes que son Los Mochis y Guasave, las cuales concentran un alto porcentaje de gente dedicada a los servicios (31% y 28% respectivamente).

Figura 1.11. Superficie agrícola y superficie del DR-075 por municipio (ha)



Fuente: Elaborado con base en CONAGUA, 2007a

Figura 1.12. Superficie del DR-075 por municipio (%)



Fuente: Elaborado con base en CONAGUA, 2007a

- Migración

En el DR-075 existen los llamados jornaleros agrícolas que son gente dedicada a la cosecha de productos agrícolas y que llega a la región sólo en la temporada de cosecha y pizca, la cual necesita una abundante mano de obra para realizar dicha actividad y posteriormente regresa a su lugar de residencia (Sánchez, 2005, Velázquez 2011).

Alrededor de 200,000 personas llegan a la región cada año desde Oaxaca, Durango, Michoacán, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco y otros municipios del estado de Sinaloa como Salvador Alvarado, Choix, Guasave, Angostura, Culiacán, Ahome y El Fuerte (Sánchez, 2005, Velázquez 2011).

Un porcentaje de la población no habla español y debe comunicarse en su dialecto; entre los dialectos que se encuentran está el mixteco, hablado por un 32.2% de la población jornalera, el zapoteco por 14.7%, el náhuatl lo habla un 13%, el tlapaneco un 7.5%, triqui 3.7% y 3.5% de los jornaleros habla tarahumara (Sánchez, 2005, Velázquez 2011).

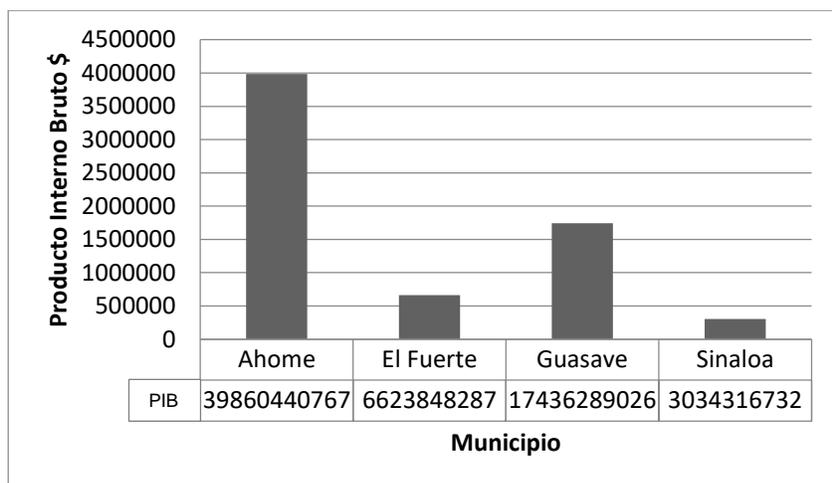
Los jornaleros provienen de Chilpancingo de los Bravo, Ayutla de los Libres, Xochitlahuaca, Chilapa de Álvarez y Tlapa de Comonfort, todos municipios de Guerrero, también de Córdoba, Coatepec, Hidalgotitlán, Mecayapan, y José Azueta en Veracruz, de Heroica Ciudad de Ejutla, Chalcatongo de Hidalgo, San Simón Almolongas y Tlacolula de Matamoros en Oaxaca, de Guachochi y Guerrero en Chihuahua y de la Huacana en Michoacán (Sánchez, 2005, Velázquez 2011).

De tal manera que la mayoría de los jornaleros que laboran en el DR-075 provienen de zonas rurales y en ocasiones indígenas del centro y sur del país, además de los que radican en los municipios cercanos a la región del mismo estado de Sinaloa.

- Producto Interno Bruto (PIB)

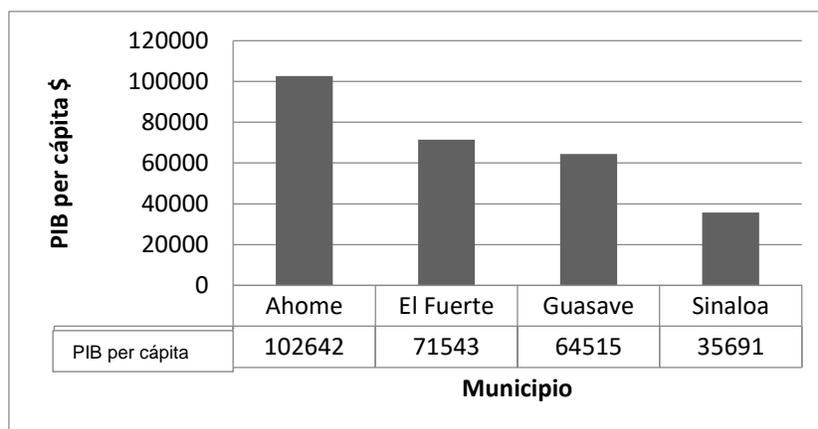
El municipio que registra el más alto PIB es el municipio de Ahome, seguido de Guasave, sin embargo, Ahome es quien tiene el PIB per cápita más alto, mientras que el segundo no es Guasave sino el municipio de El Fuerte (fig. 1.13 y 1.14).

Figura 1.13. Producto Interno Bruto por municipio en Sinaloa (\$)



Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2010a

Figura 1.14. Producto Interno Bruto per cápita por municipio en Sinaloa (\$)



Fuente: Elaborado con base en INEGI a, 2010

En resumen, el municipio de Ahome, desde el boom de la producción azucarera y la fundación de la ciudad de los Mochis en 1903, se ha convertido en el municipio más próspero de los municipios que conforman el DR-075 teniendo los números más altos en cuanto a PIB se refiere; esto gracias a que dicho municipio cuenta con la mayor cantidad de tierras cultivables, es decir, posee la más grande superficie del DR-075 de los cuatro municipios que lo conforman además de contar con la ciudad de Los Mochis que es el principal centro comercial de la región.

1.10 Rendimientos agrícolas de los principales cultivos del DR-075

En este trabajo se exponen los 10 principales cultivos del DR-075 con base en su extensión territorial, la superficie sembrada y cosechada en total y por hectárea, y su rendimiento.

Sin duda el cultivo que ocupa el mayor territorio en el DR-075 es el maíz; la base de la alimentación mexicana. Este cultivo se siembra en México desde tiempos inmemorables y es el cultivo que más área ocupa y no sólo en el DR-075 sino en todo el territorio nacional, tanto, que de 2013 a 2015 se han cosechado 1,592,300 ha en todo México, 532,800 ha más que el trigo, cultivo que ocupa el segundo lugar en superficie cosechada con 1,059,500 ha, y un poco menos del doble que el sorgo, cultivo que ocupa el tercer puesto con 843,800 ha (CONAGUA b, 2015, 2016).

En el DR-075 ocurre algo similar. En el periodo 2013-2015 se sembró una superficie de 303,056 ha, lo cual es más del doble que la superficie sembrada de frijol, cultivo del cual se sembraron 64,677 ha, y que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada se refiere. En tanto el tercer puesto es para la papa con sus 21,121 ha de superficie sembrada, muy lejos del primer y segundo lugar.

La superficie cosechada no varía mucho, ya que en el cultivo de la papa lo que se siembra es lo que se cosecha, no así para el frijol que cosecharon 919 ha menos de lo que se sembró. Mientras que el maíz cosechó 303 ha menos de las sembradas (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Superficie sembrada y cosechada de los principales cultivos en el DR-075 durante los ciclos agrícolas 2013/2014 y 2014/2015

Cultivo	Superficie (ha) 2013/2014		Superficie (ha) 2014/2015	
	sembrada	cosechada	sembrada	cosechada
Maíz	137, 710	137, 407	165, 346	165, 346
Frijol	43, 299	42, 380	21, 378	21, 378
Papa	10, 011	10, 011	11, 110	11, 110
Sorgo	5, 170	5, 134	2, 582	2, 582
Mango	4, 176	4, 176	3, 955	3, 955
Jitomate	3, 763	3, 719	2, 595	2, 595
Trigo	2, 674	2, 674	2, 173	2, 173
Alfalfa	2, 166	2, 159	2, 908	2, 908
Chile verde	1, 775	1, 774	2, 008	2, 008
Calabaza	1, 372	1, 362	1, 124	1, 124

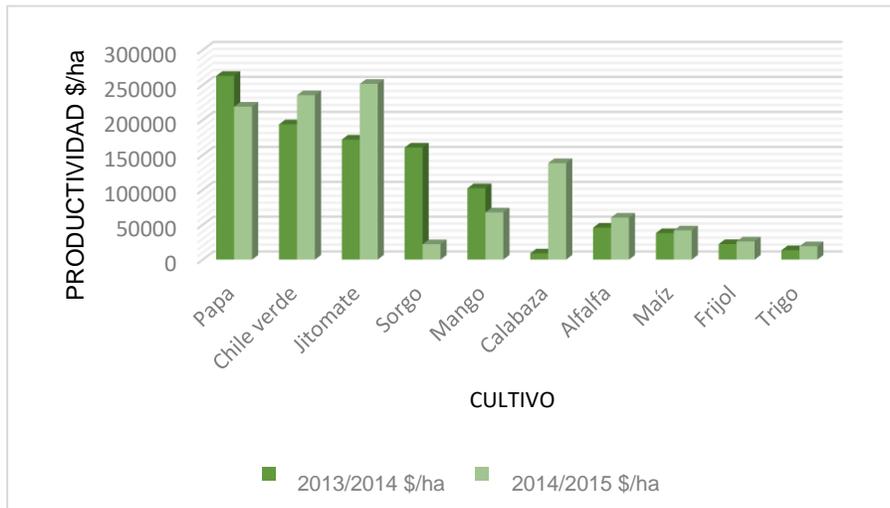
Fuente: Elaborado con base en CONAGUA, 2015, 2016b

- Importancia por productividad

Aquí se toma en cuenta la productividad (\$/ha). Para el periodo 2013-2015 la papa obtuvo en promedio la mayor productividad al generar 241,151 \$/ha por año, seguida del chile verde con una productividad de 214,716 \$/ha, y los siguientes en importancia son el jitomate y el sorgo con promedios de 211,888 \$/ha, y 91,450 \$/ha al año respectivamente (CONAGUA, 2015 y 2016b) (fig. 1.15).

Se puede observar que ni el maíz, ni el frijol se encuentran entre los primeros lugares de productividad, esto debido principalmente a que para obtener grandes ganancias es necesario sembrar gran cantidad de maíz y frijol y para eso se requieren de grandes extensiones de tierra, mientras que para la papa y el chile no es así.

Figura 1.15. Productividad de los principales cultivos en el DR-075 durante los ciclos agrícolas 2013/2014, 2014/2015 (\$/ha)



Fuente: Elaborado con base en CONAGUA, 2015 y 2016b

En la figura 1.15 se puede observar que el maíz es el cultivo que deja mayores ganancias, sin embargo, para obtener su valor se necesitan sembrar grandes extensiones de tierra ya que su rendimiento por hectárea es realmente bajo en comparación con el del jitomate, por ejemplo.

Los cultivos que sí sorprenden en estos ciclos agrícolas son el jitomate y el chile verde, ya que, a pesar de tener pocas hectáreas sembradas, logran conseguir una productividad de alrededor de 250,000\$ por hectárea, muy cercana a la productividad de la papa.

1.11 Actividad Comercial en el DR-075

Sinaloa y el DR-075 se introducen en el mercado de la agricultura internacional, sin embargo, la comercialización de los productos es sólo una parte de todo el proceso y los elementos que hacen que un distrito de riego sea tan productivo como lo es el DR-075 (Paez, 2011).

Para que el DR-075 funcione tal y como lo ha hecho hasta ahora se necesita de una serie de factores como son la comercialización de insumos en la región como semillas, fertilizantes, plaguicidas, maquinaria, además de la instrucción de personal

para realizar las actividades correspondientes en las distintas etapas de la producción agrícola (*Ibid.*).

En el distrito de riego, la producción es llevada a cabo por la Asociación de Agricultores del Río Fuerte Sur (ARFSS), esta asociación se encarga de promover la agricultura de contrato para cotizar mejores precios en diversos cultivos, así como de colocar los productos del distrito en el mercado nacional de Veracruz, Chiapas y Yucatán y en el extranjero como Venezuela, Colombia y Estados Unidos (*Ibid.*).

Como se puede apreciar a lo largo de este capítulo, el DR-075 tiene suelos fértiles para producción agrícola, aunque el clima no le ayuda mucho por ser de tipo desértico, sin embargo, al ser irrigado por ríos caudalosos provenientes de la Sierra Madre Occidental se ha logrado crear las condiciones óptimas para el desarrollo de la agricultura tecnificada y de calidad.

“No podrá ser un buen geógrafo el que no esté seriamente versado en matemáticas”

MIGUEL SERVET

Capítulo 2. Posicionamiento teórico de la Geografía ambiental

Para este capítulo fue necesario elegir las posiciones teóricas y conceptuales que mejor permiten relacionar la Geografía con el medio ambiente y la contaminación del mismo, de tal manera que este segundo capítulo comienza con algunos conceptos, tales como el de Geografía, medio ambiente, así como la relación existente entre los dos. Se mencionan también algunos trabajos que se han realizado acerca del medio ambiente desde la Geografía.

Los apartados siguientes tratan sobre la contaminación del ambiente, los diversos tipos de contaminación, haciendo énfasis en la contaminación química y sus efectos adversos, así como, algunos criterios de riesgo de la contaminación.

Posteriormente se continúa con la definición de plagas y los plaguicidas, una clasificación de estos últimos y cómo es que se desplazan y concentran en el medio ambiente, también se habla acerca de la situación actual de los plaguicidas en México y el mundo, así como de algunos aspectos de regulación de uso de los mismos. Para terminar el capítulo se habla de la contaminación y la degradación del suelo.

2.1 Geografía

La Geografía es una ciencia de relaciones, por lo que un hecho geográfico deberá comprender combinaciones de elementos tanto de la naturaleza como de los seres humanos. De igual manera, los elementos deberán interactuar entre sí, para dar lugar a la formación de un todo (Higueras, 2003, citado en Paez, 2011).

La Geografía no estudia los hechos y fenómenos aislados, sino, los estudia agrupados, en un conjunto territorial e interactuando entre sí (*Ibíd.*). Es así que los hechos geográficos se pueden estudiar desde un enfoque sistémico, si se reconoce que no están aislados y que son subsistemas que a su vez forman parte de un sistema de mayor jerarquía, por tanto, se entenderá al sistema Tierra como el sistema más grande y como el todo absoluto (Mateo 2005).

“A estos fenómenos pertenecen los paisajes, la interacción entre la biota y el medio, la interacción entre la sociedad y la naturaleza y la interacción del hombre con su entorno etc.” (Mateo 2005, pag. 3).

Los tipos de sistemas que interesan a la Geografía son aquellos que están territorialmente desarrollados; es decir, cuando existe distancia geográfica entre sus elementos y, además, esta distancia no es sólo una magnitud, sino una relación entre el conjunto, de tal manera que condiciona la estructura y forma de los hechos geográficos, así como la duración y desarrollo de los procesos de cambio que les afecta (Paez, 2011).

2.2 Medio Ambiente

El medio ambiente es *“el sistema de factores abióticos, bióticos y socio-económicos con los que actúa el hombre en el proceso de su adaptación, transformación y utilización del mismo para satisfacer sus necesidades en el proceso histórico y social de su desarrollo”* (Camacho y Ariosa, 2000, citado en Padilla y Juárez, 2013, pag. 28).

Esta es una definición que toma al medio ambiente como un sistema, y engloba tanto a los elementos de la naturaleza como elementos de la sociedad, y toma en cuenta al ser humano como parte inseparable del medio ambiente, aunque, lo pone como mero utilizador y transformador del entorno y, por ende, como devastador (Delgado 2002, citado en Padilla y Juárez, 2013).

Los problemas ambientales son el resultado del proceso de desarrollo de las sociedades al utilizar los elementos de la naturaleza como recursos para satisfacer sus necesidades y explotarlos de manera excesiva y no darles el tiempo necesario de recuperación, logrando así la devastación del medio (Padilla y Juárez, 2013).

Si se dice que los problemas ambientales son consecuencia de las relaciones sociales, económicas, políticas e ideológicas. Entonces, de acuerdo con Padilla y Juárez (2013) dichos problemas no son el resultado de la relación hombre-naturaleza, sino de las relaciones hombre-hombre que tienen efectos adversos en la naturaleza, así como de la división dicotómica entre sociedad y naturaleza.

2.3 Relación entre Geografía y Medio ambiente

De acuerdo con Bocco (2011), la Geografía siempre ha estado en contacto con el medio ambiente, esto en la medida que la Geografía involucre su campo de estudio en las problemáticas de las transformaciones espaciales, tanto naturales como antrópicas, el cambio climático, así como sus consecuencias.

Si se entiende que la Geografía se interesa por el estudio de la superficie terrestre, y esta se concibe como “*un hecho geográfico dinámico, abierto e inestable en el que todos los elementos bióticos y abióticos interactúan entre sí y se influyen mutuamente*” (Higueras, *op. cit.* Pag. 87), entonces se puede afirmar que la Geografía se interesa por el estudio del medio ambiente.

Al respecto Bertrand (2006) menciona que la Geografía debe encargarse de territorializar el medio ambiente, analizando así el contexto espacial y socioeconómico del mismo.

Dentro de las temáticas ambientales en Geografía se pueden encontrar los cambios de uso de suelo, la apropiación y formas de uso de los recursos naturales y su agotamiento, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad, el cambio climático, la contaminación y sus riesgos a la salud (Bertrand 2006).

Para que pueda existir una relación entre la Geografía y los estudios ambientales es necesario que la Geografía se mueva en la interfaz sociedad-naturaleza, hecho que exige a la ciencia geográfica abrirse al campo de la interdisciplinariedad y echar mano de las ciencias naturales como la Química, Física, Biología; pero también de las ciencias sociales como la Economía, Sociología, Ciencia política y Demografía (Bertrand 2006).

2.3.1 Estudios ambientales en Geografía

Según Bertrand *op. cit.* Los estudios ambientales en Geografía deben aportar una prueba de su especificidad y eficacia, deben contar con método original y además deben arrojar datos tangibles.

Unos de los trabajos más importantes que trata la Geografía en cuestiones medio ambientales tiene que ver con el ordenamiento del territorio, dirigidos hacia el desarrollo sustentable y el cuidado del medio ambiente, para disminuir el impacto que puedan ocasionar las actividades humanas sobre este último (*Ibid*).

Otro campo de estudio para la Geografía ambiental es la transformación del paisaje rural, el cual, con el paso de los años este se urbaniza al irse transformando la vivienda, al diversificarse la actividad económica y al cambiar las relaciones sociales dentro de las comunidades rurales. De igual modo se puede estudiar la expansión de la mancha urbana que transforma el paisaje natural en un paisaje antrópico (*Ibid*).

Ámbitos diferentes de investigación para la Geografía y su relación con el medio ambiente son aquellos relacionados con la delimitación y declaración de áreas de conservación para la protección de la biodiversidad. El campo de investigación que atañe a este trabajo se encarga de investigar en particular la contaminación del medio ambiente y principalmente del suelo (Bertrand *op. cit.*).

2.4 Contaminación ambiental

Se puede considerar como “*la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen, o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente y, bajo condiciones tales que interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona*” (Flores, et. al. 1995, pag. 42).

La contaminación ambiental se puede clasificar de diferentes maneras según convenga al tipo de análisis que se desarrolle, y puede ser por la naturaleza del agente contaminante, por el proceso que la origina, por el origen de los contaminantes, o bien, por el sustrato afectado (Flores *op. cit.*).

I. Contaminación por la naturaleza del agente contaminante

Se refiere a la naturaleza física, química o biológica del contaminante (Flores *op. cit.*).

II. *Contaminación por el proceso de origen*

Se clasifica en contaminación de proceso natural y contaminación de proceso antropogénico. Se considera un contaminante natural cuando el ser humano no participa ni puede controlar el proceso de contaminación, mientras que el contaminante de origen antropogénico es aquel que se encuentra en un medio que no le corresponde o se encuentra de manera excesiva a causa de las actividades humanas (*Ibid*).

III. *Contaminación por el origen de los contaminantes*

Esta clasificación es similar a la anterior, ya que se toma en cuenta si el contaminante es de origen natural o de origen antropogénico; la diferencia es que, en esta clasificación se consideran contaminantes de origen natural aquellos que se encuentran de manera natural en el ambiente como el Bióxido de carbono o el plomo, por mencionar algunos y que, su acumulación se presenta de manera excesiva. Mientras que los contaminantes de origen antropogénico serán aquellas sustancias que no existían de manera natural hasta que fueron creadas por el ser humano, también llamados xenobióticos como es el caso de los plaguicidas, los cuales son el centro de interés para este trabajo (*Ibid*).

IV. *Contaminación por el sustrato afectado.*

Se refiere al medio donde se acumulan las sustancias contaminantes y pueden ser el agua, el aire, el suelo y los alimentos. Esta clasificación es la que se emplea más comúnmente con fines de control. Sólo que tiene el error de que generalmente una sustancia contaminante no se acumula sólo en un sustrato, sino que se encuentra en varios de estos (*Ibid*).

2.4.1 Contaminación química

Después de la Segunda Guerra Mundial hubo un importante aumento en la producción y uso de sustancias químicas, como consecuencia del desarrollo tecnológico y la creciente industrialización de los países, que para entonces eran predominantemente agrícolas y que pasaron a ser países industrializados (*Ibid*).

Durante la década de los cincuenta era común en los países industrializados la idea de que la Tierra le pertenecía al ser humano y por lo tanto podía hacer de esta y con esta lo que mejor conviniera para el bienestar de la sociedad (Albert, 2004).

También se creía que la contaminación emitida por el creciente desarrollo tecnológico y la actividad industrial no se comparaba con la comodidad, el bienestar y el desarrollo económico que traería consigo (*Ibid.*).

No fue hasta las décadas de los sesenta y setenta que se comenzó a tomar conciencia de los efectos de la contaminación por uso de sustancias químicas. Sólo fue posible hasta que ocurrieron graves accidentes con este tipo de sustancias que causaron enfermedades y muertes en países desarrollados como Estados Unidos; como la contaminación del Lago Michigan con *Policlorobifenilos* (PCB), o la contaminación de la atmósfera de Londres durante los inviernos de 1952 y 1962 que llevó a creer en Inglaterra que este tipo de contaminación sí causa enfermedad e incluso la muerte (*Ibid.*).

Así es como lentamente la población y gobernantes se han dado cuenta de los efectos adversos de la contaminación química, por lo que se ha comprendido que no sólo es una molestia momentánea, o algo que afecta sólo a los ríos, los suelos y los mares, sino que sí es algo que afecta a corto y a largo plazo tanto al ambiente como a los organismos y los mismos seres humanos (*Ibid.*).

La primera en documentar una denuncia en contra del uso indiscriminado de sustancias químicas y principalmente de los plaguicidas fue la doctora Rachel Carson en su libro "*Primavera silenciosa*". Sin embargo, los gobiernos y científicos de la época querían pruebas contundentes de lo que se decía, las cuales eran muy pocas por lo que la solución al problema se ha venido dando demasiado lenta, lo que ocasionó que se agravaran problemas ya detectados (*Ibid.*).

Como un ejemplo de la magnitud de este problema se puede mencionar que para 1990 se conocían cerca de 10, 000, 000 de sustancias químicas, la mayoría de ellas sintetizadas por el ser humano, y que este número sigue en aumento. Se calcula que en los países desarrollados existen unas 100, 000 sustancias de uso común,

mientras que, en México, por ejemplo, existen unas 25, 000 Sin embargo, de todas esas sustancias sólo se han estudiado a fondo unas 2, 000, de las cuales, se conocen sus efectos en la salud y en el ambiente (Flores, *op. cit.*).

Como consecuencia de esto se ha identificado el aumento de contaminantes químicos, la entrada masiva al ambiente de sustancias de origen sintético y la movilización de sustancias naturales como el plomo que llegan a lugares remotos y provocan el desequilibrio de los ecosistemas (*Ibid.*).

Cuando un contaminante químico, sea natural o antropogénico, entra en el ambiente, su comportamiento dependerá de su naturaleza química, sus características fisicoquímicas, su cantidad y frecuencia de emisiones. También hay factores ambientales que influyen en el comportamiento de los contaminantes químicos como son: la temperatura, el pH, la humedad, la luz, la naturaleza y su interacción con la sustancia de los organismos (Albert, 2005).

El factor más importante es el correspondiente a las características fisicoquímicas del contaminante que determinan la persistencia, la movilidad ambiental, y su capacidad de interactuar con los organismos vivos e incorporarse a las redes tróficas y contaminarlas (*Ibid.*).

2.4.2 Efectos adversos de la contaminación

Los contaminantes químicos pueden ocasionar cambios irreversibles en el equilibrio fisiológico del organismo (homeostasis), aumento en la sensibilidad a otros agentes químicos, físicos y biológicos, incluyendo los organismos patógenos que causan las enfermedades infecciosas y puede ser incompatible con la vida (Flores, *op. cit.*).

“Independientemente de su origen, algunos contaminantes causan este tipo de efectos indeseables en el hombre y en otros seres vivos, por lo que se les llama contaminantes tóxicos” (Flores, *op. cit.*, Pag. 53).

La contaminación también puede tener efectos sobre el equilibrio ambiental conocido como efectos eco-tóxicos, los cuales pueden llegar a afectar los ciclos biogeoquímicos, como la lluvia ácida o la destrucción de la capa de ozono, así como efectos de tipo estéticos, económicos, sociales, y políticos. Un mismo contaminante

puede ocasionar varios tipos de efectos, por eso es importante su estudio y control. La contaminación puede tener efectos a corto plazo o algunos que sólo se pueden ver a largo plazo, en ocasiones hasta generaciones posteriores a la que estuvo expuesta al agente (Albert *op. cit.*).

Los efectos pueden presentarse en los lugares cercanos al origen del contaminante como los daños a la vegetación o a la salud de las personas en una zona específica conocidos como efectos micro-ambientales. También existen otras consecuencias de mayor escala conocidas como macro-ambientales o globales, las cuales afectan varios ecosistemas en todo el mundo y pueden llegar incluso a los lugares más remotos. Este tipo de situaciones son el resultado del desequilibrio ambiental inducido por uno o más contaminantes que se generan en varios lugares del planeta al mismo tiempo, ejemplo de ello es la lluvia ácida, el efecto invernadero y la contaminación global por sustancias persistentes como algunos plaguicidas (*Ibid.*).

2.4.3 Criterios de riesgo por contaminación ambiental

Al año se estudian e investigan unas 10 sustancias, mientras que al mercado entran unas 1, 000 en el mismo periodo, esto significa que del 99% de las sustancias no se tienen datos suficientes como para predecir los riesgos que puedan causar (*Ibid.*).

Para conocer el riesgo real que representan los contaminantes en la salud y el ambiente es necesario indagar sobre algunos datos de su producción, su uso, si se puede sustituir por otra sustancia, y si hay sustancias similares. También se debe tener información sobre su estructura, y propiedades químicas; sobre cómo puede llegar al ambiente, su transporte y distribución; las modificaciones biológicas, físicas y químicas que puede sufrir; su biotransformación, efectos biológicos y ecológicos (*Ibid.*). Con base en lo mencionado anteriormente es como se han establecido criterios de riesgo como son:

a) *Persistencia y transformación*

Cuanto más persistente sea un compuesto, mayor será el riesgo debido a su uso, ya que se eleva la probabilidad de que la sustancia interactúe con algún ser vivo antes de degradarse.

Además, su misma persistencia prueba que resiste los mecanismos naturales de degradación y transformación... Por lo que se refiere a la transformación en el ambiente, su importancia radica en que muchos productos xenobióticos se transforman en él, o en los seres vivos, para dar otras sustancias que son mucho más persistentes y/o mucho más tóxicas que las originales (Ibid. Pag. 64).

b) *Bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación*

La bioconcentración se refiere a la afinidad que tienen algunos compuestos por los tejidos de ciertos organismos, por lo que puede llegar a acumularse de manera importante. Esto dependerá de las características fisicoquímicas del compuesto principalmente (*Ibid.*).

La bioacumulación se refiere a la concentración de algún compuesto en un organismo, en función del tiempo de exposición, esto es, que un organismo de mayor edad presentará una mayor acumulación de sustancia que uno joven (*Ibid.*).

La biomagnificación habla de la concentración de algún compuesto de manera sucesiva en diferentes eslabones de la cadena trófica, que da como resultado una mayor concentración del compuesto en los animales que componen los últimos eslabones como los seres humanos y las aves rapaces. Es de importancia destacar que los plaguicidas son ejemplos típicos de dicho fenómeno (*Ibid.*).

c) *Efectos físicos y químicos en el ambiente*

Son aquellos que se presentan en algún sustrato del medio abiótico y que llegan a afectar algún parámetro como la temperatura, la precipitación, o la disponibilidad de nutrientes (*Ibid.*).

d) *Producción, distribución y liberación en el ambiente*

Este criterio está basado en los principios de que a mayor producción y uso habrá mayor riesgo y de igual manera, a mayor distribución geográfica de centros de producción y de utilización, mayor será el riesgo global (*Ibid.*).

e) *Presencia de sustancias secundarias*

Este criterio de riesgo recae en la producción de las sustancias xenobióticas, ya que, durante la producción pueden llegar a generarse productos no deseados, subproductos o impurezas que a menudo son mucho más tóxicas y peligrosas que la sustancia de interés (*Ibid.*).

f) *Población expuesta*

Menciona que cuanto mayor sea la población expuesta a las sustancias contaminantes, mayor será el riesgo que represente dicha sustancia y mayor deberá ser el estudio y control sobre la misma, ya que la magnitud de las consecuencias también aumentará de acuerdo a la cantidad (*Ibid.*).

g) *Toxicidad y grado de exposición*

Sólo se puede conocer si se conoce la presencia y distribución de una sustancia en el ambiente, para poder calcular el tiempo de exposición que ha tenido alguna comunidad a la sustancia. Por otra parte, se debe conocer la toxicidad hacia diversos organismos (*Ibid.*).

“A muchos de los xenobióticos se les reconoce una elevada toxicidad aguda y se tienen, además, innumerables referencias sobre su toxicidad crónica, así como sus efectos a largo plazo, perinatales y trans-generacionales” (Ibid. Pag. 66).

2.5 Plagas

Las poblaciones en el mundo, en su afán de producir alimento necesario para la supervivencia han luchado contra las enfermedades de las plantas y contra las plagas que atacan las cosechas (Cremllyn, 1989).

En actualidad las plagas se pueden dividir en varios grupos, entre los que se encuentran aquellos constituidos por mismas plantas indeseadas llamadas malas hierbas, también se encuentran los grupos de hongos, bacterias, algunos virus, así como algunos vertebrados e invertebrados (*Ibid.*).

Una plaga es *“toda especie que representa un daño para el desarrollo de la planta o cultivo y/o para el trabajo agrícola allí desarrollado. No basta entonces sólo con que un elemento domine en un agro-ecosistema para definirlo como plaga. El carácter determinante es que este elemento afecte directa o indirectamente el sentido de la producción, a la organización del trabajo agrícola o directamente al cultivo”* (Restrepo, citado en Velázquez, 2011, pag. 50).

2.5.1 Plaguicidas

Para el sistema actual, los plaguicidas tienen una gran importancia, ya que, el propósito es siempre producir más, por lo que necesita echar mano de sustancias que logren hacer que la planta resista el ataque de las plagas, así como las inclemencias del tiempo y del clima; y crezca “sana” para así obtener las menores pérdidas posibles. El problema es que, así como ayudan a elevar la producción, también son peligrosos para el ser humano si se hace un uso incorrecto de ellos, que se puede manifestar en intoxicaciones a corto, mediano y largo plazo (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas, CICOPLAFEST, 2004).

Sin embargo, existen otras maneras de combatir las plagas como las incluidas en el sistema de control conocido como Manejo Integrado de Plagas (MIP) el cual consiste en aplicar dos o más de los siguientes métodos:

- ∞ *Control genético.* Si se sabe qué tipo de plagas se presentan en una región, se pueden plantar o criar variedades de plantas o animales que sean resistentes o tolerantes a las plagas (*Ibid.*)
- ∞ *Control biológico, natural o inducido.* También se pueden liberar a los enemigos naturales de las plagas como algunos insectos estériles (*Ibid.*).
- ∞ *Control cultural.* Tiene que ver con las buenas prácticas agrícolas relacionadas con la destrucción de los residuos de la cosecha anterior, la rotación de cultivos y la destrucción de las plantas donde se pueda alojar la plaga (*Ibid.*).

De acuerdo con la CICOPLAFEST (2004), un plaguicida es una sustancia o mezclas de sustancias que se usan de manera intensiva para controlar plagas agrícolas e insectos vectores de enfermedades en humanos y en los animales, o que afectan la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, maderas y alimentos para animales.

De acuerdo con Martínez (2010) se usa el término plaguicida para referirse a toda sustancia química que posee cierta toxicidad y que se usa en el combate de organismos no deseados como bacterias, hongos, roedores, insectos y malezas.

Se trata también de fungicidas e insecticidas de uso doméstico, herbicidas y productos para adelantar la maduración, evitar la caída de frutos, inhibir la germinación, etc. También es posible encontrarlos en artículos de uso doméstico como jabones, desodorantes, productos de jardinería, entre otros (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas, *op. cit.*).

2.5.2 Clasificación de plaguicidas

Los plaguicidas se pueden clasificar de varias maneras:

Por su concentración se pueden clasificar en técnicos y formulados. Los técnicos contienen la máxima concentración al ser la sustancia esperada en la fabricación y de ahí se parte para elaborar los plaguicidas formulados, que son la mezcla de uno

o más plaguicidas técnicos, tienen como finalidad hacer estable las sustancias técnicas para su comercialización (*Ibid.*).

También se pueden clasificar de acuerdo al organismo que controlan, ya que pueden atacar sólo insectos, ácaros, hongos y levaduras, bacterias, hierbas y malezas, roedores o moluscos (*Ibid.*).

Otra clasificación más es por su modo de acción, ya que existen plaguicidas que actúan por contacto, cuando es absorbido por los tejidos externos de la plaga; o de ingestión, cuando debe ser ingerido para que surta efecto; pueden ser sistémicos, cuando las plantas y animales lo absorben y trasladan a través de su sistema vascular a puntos remotos del lugar en que se aplica.

Existen otros plaguicidas conocidos como fumigantes, que se presenta en estado gaseoso o vapor y puede penetrar por todas las vías de absorción; también se encuentran los repelentes, los cuales impiden que las plagas ataquen y los defoliantes que causan la caída del follaje de las hojas (*Ibid.*).

Una manera más de clasificar los plaguicidas es por su composición química, en donde se encuentran los plaguicidas que no contienen átomos de carbono (inorgánicos), los que si contienen carbono (orgánicos), generalmente sintéticos, fabricados a partir de compuestos químicos básicos y los que son biológicos como virus, microorganismos generados como insumos controladores de plagas (*Ibid.*).

Hay otra clasificación en donde se toma en cuenta el uso al que son destinados, y pueden ser de uso agrícola, forestal, urbano, pecuarios, domésticos, para jardinería o de uso industrial (*Ibid.*).

La industria mexicana se ha especializado en plaguicidas órgano-clorados y órgano-fosforados de primera generación. Los primeros están muy restringidos y hasta prohibidos en muchas partes del mundo, mientras que los segundos van por la misma vía (Albert, 2005).

2.5.3 Los plaguicidas en el medio ambiente

“Cuando un plaguicida es liberado al medio ambiente, éste interactúa con los componentes bióticos y abióticos del ambiente, sufriendo transformaciones en su estructura, capaces de modificar profundamente sus características físico-químicas y su acción biológica” (Instituto Geológico y Minero de España, pag. 1).

De esta manera ocurre la contaminación por uso de plaguicidas, la cual puede suceder de varias maneras (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2000):

Los plaguicidas pueden infiltrarse en el suelo, ser transportados por el viento, propagarse por escorrentías, o por lixiviación, propagarse hasta las aguas subterráneas y continuar su camino por el subsuelo, para llegar hasta los ríos y lagos (*Ibid.*).

Las formas más importantes de propagación de los plaguicidas son a través de la infiltración en el suelo o en aguas subterráneas, y la dispersión por acción del viento. La dispersión por acción del viento es capaz de provocar que un plaguicida contamine la superficie de la zona circundante y en ocasiones llegar a dispersarse a varios kilómetros a la redonda (*Ibid.*).

La dispersión por infiltración contamina el suelo debajo del lugar donde fue aplicado o de donde se encuentra almacenado, lo que conlleva a la contaminación de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales, las cuales, a menudo son utilizadas para consumo humano (*Ibid.*).

El estudio de los plaguicidas es muy complejo ya que, al incorporarse los plaguicidas al ciclo del agua o a la circulación de la atmósfera, tanto el agua, como el viento probablemente los arrastren a lugares remotos y lejanos de donde fueron aplicados y así, complicar su identificación en los diferentes sustratos (*Ibid.*).

El uso de plaguicidas conlleva la posibilidad de causar efectos adversos sobre las diferentes formas de vida y su hábitat, esos efectos se clasifican como primarios y secundarios. Los efectos primarios serán aquellos en los que el plaguicida actúa

directamente sobre una especie dada, mientras que la segunda se refiere a la capacidad del plaguicida de destruir el sustrato de las especies (*Ibid.*).

A continuación, se enlistan algunos casos reales de contaminación por uso de plaguicidas, en las que se ha llegado a contaminar los alimentos, e incluso a intoxicar a las personas:

Cuadro 2.1. Algunas intoxicaciones masivas causadas por la contaminación de alimentos con plaguicidas

Plaguicida	Alimento	Núm. de casos	Núm. de muertes	Lugar y año
Alquimercurio	Pan	200	70	Iraq, 1956
Alquimercurio	Pan	45	20	Guatemala, 1956-1966
Alquimercurio	Maíz	144	20	Ghana, 1967
Metilmercurio	Harina	6,530	459	Iraq, 1971
Hexaclorobenceno	Harina/pan	3,000	400	Turquia, 1954-1959
Endrin	Harina	159	Sin información	R. Unido, 1956
Endrin	Harina	691	24	Qatar, 1967-1970
Endrin	Harina	183	2	A.Saudita, 1967
Paration	Trigo	360	102	India, 1958
Paration	Harina	200	8	Egipto, 1958
Paration	Harina	600	88	Colombia, 1967-1968
Paration	Harina	559	16	México, 1968
Aldicarb	Sandia	1,350	80	E.U.A., 1985
Total aproximado		14,342	1,469	
Total en países en desarrollo		12,833	1,389	
Porcentaje de casos y muertes en países en desarrollo		89.47	94.55	

Fuente: Modificado de Henao *et. al*, 1993, citado en Albert, 2004 p. 419

A continuación, se mencionan algunos efectos adversos que ha ocasionado el uso excesivo de agroquímicos (Cremllyn, *op. cit.*):

- A. Los primeros matamalezas arsenicales y en especial el arseniato de sodio soluble tienen un alto grado de toxicidad en mamíferos y además tienen la capacidad de ser muy persistente en el suelo.
- B. Los residuos de arsénico aumentaron de manera significativa debido a su continuo uso. De esta manera, cerca de unos 1, 600 kg de arseniato de plomo se agregaron a la mitad de una hectárea de un huerto comercial por un periodo de más de 25 años, siendo así que los residuos se concentraron en los primeros 15cm del suelo.
- C. La dioxina se degrada lentamente en el suelo y sus residuos persisten algún tiempo en las plantas tratadas. Se cree que este herbicida puede no ser dañino para la salud en condiciones normales de aplicación, pero se ha comprobado que puede llegar a ser teratogénico en dosis altas.
- D. La aplicación de ciertos plaguicidas ha ocasionado que algunos tipos de plagas se vuelvan resistentes a dichos plaguicidas como pueden ser algunos hongos, insectos y algunas malas hierbas. Así, una maleza común (*Erechtipeshieracifolia* sp.), se ha vuelto muy resistente en plantaciones de azúcar.

2.5.4 Los plaguicidas en la actualidad

Con el paso de los años, el uso intensivo de plaguicidas ha provocado altas concentraciones de sustancia en zonas destinadas a la agricultura. Al respecto la Organización de las Naciones Unidas (ONU) menciona que, del total de los plaguicidas utilizados en la agricultura, solamente el 1% del ingrediente activo ataca las plagas eficazmente en las plantas, mientras que el otro 99% se distribuye en el suelo para llegar al manto freático o incorporarse a aguas corrientes como los ríos, arroyos, canales y pozos (Mata et. al. 2002, citado en Cossío, 2009).

Desde hace algunos años el uso indiscriminado de plaguicidas se ha convertido en un problema grave, ya que su uso ha aumentado, de tal manera que para el año de 1992 se calculó una producción mundial de 10 millones de toneladas aproximadamente, de las cuales más del 80% se utilizó en Europa y Estados Unidos (Lopez-Geta, et. al. 1992, citado en García et. al. 2012).

Los plaguicidas más utilizados por la agricultura moderna son de tipo orgánico sintéticos, los cuales se formulan a partir de la síntesis de plaguicidas naturales con derivados de los hidrocarburos (Velázquez, *op. cit.*).

Entre las empresas que controlan la industria de los plaguicidas en la actualidad se encuentran la Bayer y la BASF con ganancias que ascienden de los 3 mil a los 5 mil billones de euros para el año 2007 (*Ibid.*).

La Hoescht, para el año 2000 ocupaba el 11% del mercado mundial; sin embargo, para 2001, esta empresa se fusionó con Bayer; Monsanto, que es de origen estadounidense y no alemán como las mencionadas anteriormente. Esta última es otra empresa que mayor comercialización de plaguicidas tiene, al adquirir uno de los primeros permisos para comercializar el DDT en 1944.

En la actualidad Monsanto es la mayor comercializadora de productos transgénicos y es la controladora del 10.52% del mercado mundial de plaguicidas (*Ibid.*).

Otra empresa que controla un gran porcentaje del mercado de los agroquímicos es la Dow Agro Sciences, que abarca un 11.05% del mercado mundial. La DUPONT es otra empresa que controlaba un alto porcentaje del mercado de los plaguicidas con un 8% en el año 2000, además de ser una empresa con gran producción de semillas transgénicas. (*Ibid.*).

Sin duda la más importante comercializadora de plaguicidas a nivel mundial es la Syngenta, empresa que para el 2007 obtuvo ganancias de hasta 5,335 billones de euros y controlaba para entonces el 21.34% del mercado mundial de este insumo agrícola (*Ibid.*).

De acuerdo con Greenpeace, 2008, citado en Velázquez *op. cit.* las empresas antes mencionadas, en conjunto controlan más del 75% del total de plaguicidas comercializados en el mundo, de los cuales, 243 de 512 que se consumen son altamente peligrosos para todo ser viviente.

De acuerdo con datos del World Resources Institute, Costa Rica es el país número uno consumidor de agroquímicos, al utilizar 51.2 kg de sustancia por hectárea en el

año 2009. En América Latina le siguen Colombia con 16.7 kg/ha, y Ecuador con 6 kg/ha (Andréu, 2009).

El XVI Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2010 señala que para el 2009 Costa Rica importó cerca de 300 toneladas de formulaciones con bromuro de metilo, que es una sustancia considerada altamente peligrosa (*Ibid.*).

Durante el periodo que va de 1977 al 2006 la importación de plaguicidas se incrementó en un 340%, siendo así que durante ese periodo Costa Rica importó 184,817 toneladas de plaguicidas (*Ibid.*).

2.5.5 Los plaguicidas en México

En México el uso intensivo de plaguicidas sintéticos comienza con la llegada del DDT a nuestro país en 1948 y la introducción de la llamada Revolución Verde en los años 50 que trajo consigo la utilización de otros productos como toxafeno, endrín, aldrin, dieldrin, heptacloro (Albert, 2005).

“Esta tecnología contó con fuertes inversiones internacionales para convencer a las autoridades de que era un camino rápido y seguro para ‘modernizar’ la agricultura mexicana” (Ibid. Pag. 2).

“Entre estos apoyos destaca el que dio la fundación Rockefeller para que las principales escuelas de agronomía del país hicieran énfasis en los principios básicos de esta revolución como la base de la productividad agrícola, entre ellos, el monocultivo de especies híbridas de alto rendimiento, la mecanización de la agricultura y el uso intensivo de plaguicidas sintéticos y fertilizantes” (Ibid. pag. 2).

Ya para los años 70 se aplicaban el paratión etílico, paratión metílico y malatión y en 1992 se permitía el uso de clordano, metoxicloro, endosulfan, pentaclorofenol, dicofol y clorotalonil, algunos de ellos registrados para uso restringido (García *et. al.* 2012).

Desde el comienzo del uso de agroquímicos sintéticos en los años 50 a la fecha se ha dado un importante incremento en el uso de estas sustancias en México. Tan es

así que para 1995 se consumieron 16,400 toneladas de plaguicidas, que registraron un promedio de 1.3 toneladas de sustancia por cada 1,000 hectáreas; mientras que para el año 1999 se registraron 23,300 toneladas y un promedio de 1.8 toneladas por cada 1,000 hectáreas, lo que representa un incremento de hasta un 40% en cuatro años (Semarnat, 2005, citado en García *op. cit.* y Santacruz *et. al.* 2005, citado en Cossío *op. cit.*).

De acuerdo con la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes (AMIPFAC), en México existen alrededor de 900 plaguicidas que se utilizan principalmente en maíz, algodón, papa, chile, tomate, frijol, trigo, aguacate, café y tabaco en cantidades desde 395 hasta 13,163 toneladas de sustancias al año (García *et. al.*). Las zonas que hacen un mayor uso de dichas sustancias son Sinaloa, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Colima, Sonora, Baja California, Tamaulipas, Michoacán, Tabasco, Estado de México, Puebla y Oaxaca; que en conjunto llegan a utilizar hasta un 80% de los agroquímicos utilizados en el país. Esos 900 plaguicidas son comercializados por unas 260 marcas de productos químicos de las cuales 24 están prohibidas y 13 restringidas (Albert, 2005).

Según Lira *et. al.* (2000, citado en García *op. cit.*). El plaguicida más distribuido en territorio mexicano desde 1993 es el 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) para el control y eliminación de malezas de hoja ancha en diversos cultivos, así como también en el control de malezas acuáticas.

En México se utilizan plaguicidas que son altamente tóxicos, para los seres humanos como para el medio ambiente, de tal manera que han sido prohibidos por países considerados de primer mundo como Estados Unidos de Norteamérica, Alemania, Francia, entre otros. Mientras que en países como México continúa su uso con un mínimo de restricciones (RAPAM, citado en Fregoso, 2014).

“En México están registrados comercialmente 186 plaguicidas altamente peligrosos que contienen sustancias cancerígenas, han sido prohibidos en Europa o bien, no se venden en otros países porque las empresas que los comercializan se negaron a seguir invirtiendo en pruebas que dejen claro

cuáles son sus efectos, según un comparativo de la Red de Acción sobre Plaguicidas y sus Alternativas en México” (RAPAM, citado en Fregoso, 2014, pag. 1).

Según Fernando Bejarano, director de RAPAM, en México se comercializan cientos de formulaciones que contienen alrededor de 86 ingredientes activos que no están autorizados en la Unión Europea debido al riesgo que representan para la salud humana y el medio ambiente. También han sido restringidos o prohibidos por no ser rentables para las empresas productoras al tener que invertir en las pruebas necesarias para conocer sus propiedades físico-químicas exigidas por las autoridades (*Ibid.*).

Entre las sustancias prohibidas en otros países y utilizadas en México se pueden destacar: el paraquat, la atrazina, el carbofuran, el dicofol y metamidofós, los cuales están bajo estudio por el Convenio de Estocolmo; estos por mencionar algunos (*Ibid.*).

2.5.6 Regulación de plaguicidas en México

Algunos plaguicidas como los órgano-clorados son considerados Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) por lo que se encuentran inmersos en el convenio de Estocolmo, este fue adoptado en la Conferencia de Plenipotenciarios por 127 países, el 22 de mayo de 2001 en Estocolmo Suecia. Este convenio tiene por objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de los COP; de tal manera que se busca prohibir o minimizar el uso de 12 de las sustancias tóxicas más utilizadas en el mundo consideradas causantes de cáncer en humanos y animales. De estas 12 sustancias 8 son plaguicidas, entre los que destaca el DDT, por ejemplo. Sin embargo, con el paso de los años esta lista se ha incrementado y cada año se incluyen nuevas sustancias de las cuales se busca reducir su uso (Yarto, *et. al.*, 2003).

México firmó dicho acuerdo el 23 de mayo de 2001, en Suecia y se integró por completo el 10 de febrero de 2003. De esta manera fue el primer país de

Latinoamérica dentro del convenio que entró en vigor el 17 de mayo de 2004 (SEMARNAT, 2014).

En México desde el año 1987 se creó la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), la cual es encargada de publicar el Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos, instrumento a través del cual se regula el ingreso al comercio de estos productos. De igual manera, desde 2004 se encarga de publicar y actualizar el Catalogo Oficial de Plaguicidas, en el que se incluye una lista de los plaguicidas autorizados en México para uso agrícola, sanitario, industrial y doméstico, así como la ficha técnica de cada uno (Cortinas, s/f).

También en 1988, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) establece en su artículo 134 que para la prevención y control de la contaminación del suelo se consideran los siguientes criterios:

La utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas. Dicha ley también trata de regular, no sólo el uso de sustancias peligrosas y los plaguicidas, sino también, la disposición final de los residuos sólidos resultantes del uso de las mismas sustancias (Cortinas *op. cit.*).

Existe un programa regional conocido como Acuerdo para la Cooperación Ambiental de América del Norte, que en 1995 dio lugar a la creación del Grupo para el Manejo Adecuado de Sustancias Químicas.

Dentro del capítulo 19 y la Agenda 21 se da prioridad al control y manejo seguro de sustancias de preocupación mutua para Estados Unidos, México y Canadá y que son persistentes y tóxicas (*Ibid.*).

En 2007 se publicó el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo (SEMARNAT, 2007), el cual brinda una breve reseña del territorio mexicano, desde su situación geográfica hasta datos poblacionales, contiene un capítulo dedicado a la situación actual del uso de plaguicidas en México y por último menciona planes

de acción para la disminución en el uso de sustancias peligrosas persistentes que involucra ubicación de las fuentes emisoras, así como la vulnerabilidad de su población poniendo especial énfasis en la población expuesta por razones laborales como obreros y campesinos de COP en las diferentes regiones del territorio (*Ibid.*).

La otra parte que pretende dicho plan es realizar la gestión pertinente para el manejo de sustancias peligrosas que demanda el fortalecimiento de las distintas dependencias gubernamentales y no gubernamentales que se preocupan por esta problemática (*Ibid.*).

En 2010 se creó un programa destinado a la recolección de envases de plaguicidas denominado Campo Limpio, de Amocali A.C. la cual es una asociación civil que representa el 90% del mercado de plaguicidas en México, agrupando a empresas fabricantes, formuladoras y distribuidoras, empaques agrícolas, controladoras de plagas, agroindustrias, pistas de aero-fumigación, transportistas, asociaciones de agricultores y ganaderos (Campo Limpio, 2010).

Campo Limpio se crea con el fin de practicar la cultura del triple lavado de envases de agroquímicos para su transformación y se rige bajo el Plan de Manejo de envases vacíos de productos agroquímicos registrado ante la SEMARNAT y los alimentos del código de conducta de la FAO.

2.6 Degradación y contaminación del suelo

De acuerdo con López (2002) existen tres causas fundamentales de degradación: la ocupación, la contaminación y la sobreexplotación.

- *Ocupación del suelo por infraestructura, explotación de yacimientos (energía, minas) y/o sitios de interés cultural.*
- *Aporte de contaminantes y/o alteraciones degradantes del suelo y del ambiente generadas por actividades antrópicas de diversa índole.*
- *Sobreexplotación del suelo relacionada con la necesidad de producir cada vez mayor cantidad de alimento y dinero.*

De acuerdo con el CENAPRED (2006), las fuentes de contaminación del suelo están relacionadas con las actividades industriales y agrícolas principalmente como la

disposición inadecuada de residuos peligrosos, fugas de tanques y contenedores subterráneos, fugas de tuberías y ductos, lixiviación de materiales en sitios de almacenamiento, rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto, derrames accidentales de sustancias químicas durante su transporte, aplicación de agroquímicos, aguas residuales descargadas sin tratamiento previo y las fugas de alcantarillados. El tipo de contaminación arriba mencionado puede provocar que se acabe con los microorganismos importantes para el suelo encargados de la detoxificación del mismo.

De acuerdo con lo mencionado en este capítulo, los estudios de contaminación del suelo pueden ser estudiados desde la Geografía ambiental al tratarse de un tema que se mueve en la interfaz de la actividad humana con afectaciones directas en un sustrato del ambiente como lo es el suelo y que, de agravarse dichas afectaciones podrían llegar a los mismos seres humanos.

“Saber que sabemos lo que sabemos y saber que no sabemos lo que no sabemos,
ese es el verdadero conocimiento”

NICOLÁS COPERNICO

Capítulo 3. Resultados

En este capítulo se realizó el diagnóstico sobre el uso de plaguicidas a través del análisis de la información ya recolectada, en conjunto con nueva información puntual y específica de los módulos de riego relacionada con la contaminación difusa en el DR-075 y la degradación de sus suelos.

Posteriormente se exponen los principales cultivos por módulos, para saber los tipos de plaguicidas que se utilizan en el combate de plagas de dichos cultivos, así mismo, se determinó la pertinencia de los plaguicidas utilizados.

Después se valoró el uso de agroquímicos por medio del análisis de toda la información y otra más recolectada en campo referente al tipo y cantidades de plaguicidas utilizados; el análisis de una imagen de satélite de la región para así poder determinar un aproximado de la concentración de la sustancia denominada Faena Fuerte en el suelo del Módulo de Riego Santa Rosa.

3.1 Diagnóstico de la contaminación del suelo por uso de plaguicidas del DR-075

Para este trabajo es necesario realizar un diagnóstico ya que, se plantea el análisis y la evaluación de la situación actual de la contaminación del suelo. *“Su elaboración implica reunir un conjunto de información relevante y útil destinada a poder interpretar el comportamiento y/o funcionamiento de la estructura económica, social y espacial”* (Soms, 2002, pag. 23) y que ayudan a comprender la actualidad y las tendencias del uso de agroquímicos en la región. Por lo tanto *“juega un importante papel la indagación sobre las tendencias evolutivas de dicha estructura, la predicción de posibles eventos futuros (positivos o negativos) y la prefiguración de alternativas a largo plazo”* (Ibid.).

3.1.1 Degradación del suelo del DR-075

A pesar de que en el DR-075 predominan los suelos de primera clase, gracias a que han venido explotándose desde la época prehispánica y más intensivamente después de la Revolución mexicana, los suelos han sufrido una fuerte degradación

química en gran parte de su extensión ocasionada principalmente por el uso de plaguicidas (Garrido y Cotler, 2010).

En el mapa de “*Degradación de Suelos*”, de Garrido y Cotler (2010) el DR-075 presenta un grado de degradación química extremo en hasta un 50% de la porción norte, de hasta un 90% en la zona centro del distrito y de hasta un 75% en el sur. El módulo Santa Rosa se encuentra en la zona centro del distrito de riego, la cual está contaminada hasta en un 90% de su superficie.

3.1.2 Contaminación difusa en el DR-075

Se define como la introducción de contaminantes a un curso de agua superficial o a un sistema de agua subterráneo por medio de vías indirectas, como el lavado de contaminantes a través del suelo o desde fuentes que no son posibles de establecer en un lugar o sitio específico. La contaminación difusa puede ser continua o intermitente, de tal manera que es la segunda la que corresponde a este trabajo al estar relacionada con actividades estacionales como la etapa de aplicación de fertilizantes y pesticidas (*Ibid.*). En el mapa “*Contaminación potencial difusa por agroquímicos*” de Gonzales y Cotler (2010) el DR-075 aparece como una región con un grado muy alto de contaminación.

Tanto el mapa de degradación de suelos como el de contaminación difusa muestran cómo es que en la región bajo estudio se utilizan agroquímicos en una manera excesiva tal que, en ambos mapas se encuentra en la categoría de lo extremo, además de que se ha hecho un mal manejo de los recursos naturales al no darle su importancia como proveedores de servicios ambientales.

3.1.3 Principales cultivos del módulo de riego Santa Rosa

El módulo de riego Santa Rosa cuenta con una superficie total de 34,315.71 hectáreas, de las cuales 20,618.89 ha son de uso ejidal y 9,846.66 ha son de propiedad privada. En dicho modulo existen 3,011 usuarios, de los cuales, 2,707 con propiedad ejidal y 304 con propiedad privada (Red del Valle del Fuerte, 2015).

De acuerdo con la información proporcionada por el señor Heriberto Lizardi, del departamento de estudios económicos de la Asociación de Agricultores del Río

Fuerte Sur, para el ciclo agrícola de otoño-invierno 2013/2014, hasta el 30 de abril de 2014 el Módulo de Riego Santa Rosa registró un avance de siembra de 27,988.49 hectáreas, en donde destacan cultivos como la alfalfa, los frutos y pastos en cultivos perenes, mientras que dentro de los cultivos de invierno sobresalen: el maíz, con más del 50% (15,617 ha) de la superficie sembrada registrada, el segundo lugar en superficie lo ocupa el frijol con 5,263.54 ha, la papa con 4,439.34, posteriormente el tomate y el garbanzo con 678.86 ha y 475.27 ha respectivamente.

Para el ciclo de primavera-verano de 2014, hasta el 31 de mayo, se registró que el Módulo de Riego Santa Rosa llevaba un avance de siembra de 9,548 ha que consistió en 9,321 ha de sorgo y 226 ha de hortalizas.

Para el ciclo agrícola de otoño-invierno 2014/2015, y hasta el 31 de mayo de 2015 se registró un avance de siembras de 30,293 ha, equivalente a un 99.7% en los que sobresalen los cultivos nuevamente de alfalfa, los pastos y los árboles frutales, dentro de los cultivos perenes y en los cultivos de otoño-invierno sobresale nuevamente maíz, papa y frijol como se muestra en el cuadro 3.1.

Cuadro. 3.1. Principales cultivos del módulo de riego Santa Rosa en el ciclo agrícola 2013/2014, 2014/2015 (hectáreas)

CULTIVO	2013/2014	2014/2015
Perenes		
Alfalfa	145.53	178.10
Frutales	68.33	40.50
Pastos	63.04	41.50
Otoño-Invierno		
Maíz	15, 617	19,570
Frijol	5, 263.54	3,194.69
Papa	4, 439.34	4,720.56
Tomatillo	678.86	485.19
Garbanzo	475.27	499.24
Primavera-verano		
Sorgo	9,321	9,321
Hortaliza	226	226

Fuente: Elaborado con base en información obtenida en campo de la AARFS (2015).

En general, los cultivos que ocuparon la mayor extensión fueron maíz, sorgo, frijol, papa y tomate.

3.2 Propuesta metodológica para estimar la concentración de plaguicidas en el suelo

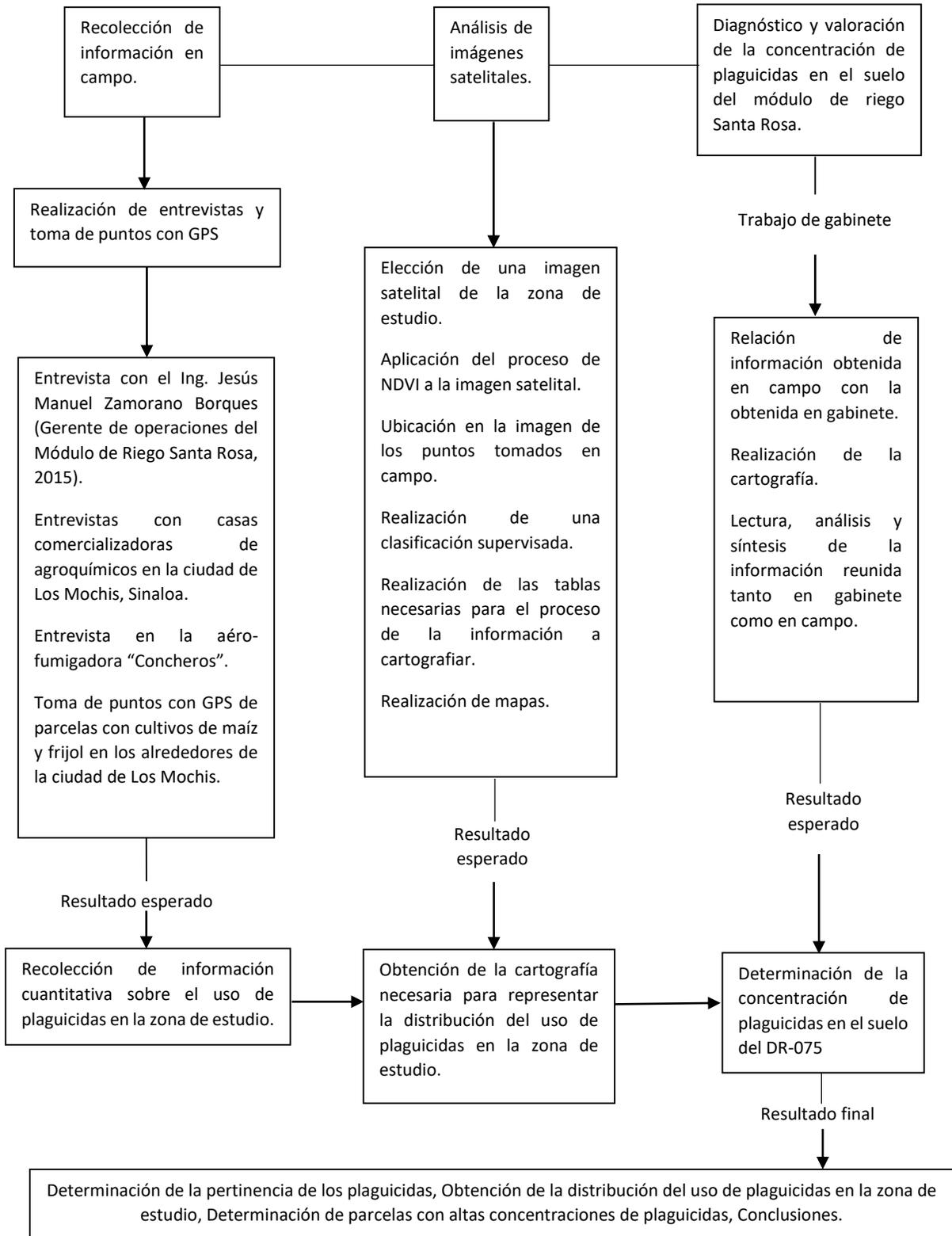
Parte de la información recopilada se obtuvo en gabinete a través de libros, tesis, sitios de internet e imágenes satelitales, otra parte se obtuvo en campo por medio de entrevistas a productores, y operadores del DR-075, así como del programa Campo Limpio, y algunas comercializadoras de agroquímicos. Además de la visita a algunas parcelas para tomar puntos con GPS en lugares con distintos tipos de cultivos.

La metodología consta de una parte técnica en la que se buscaron, analizaron y clasificaron imágenes satelitales de la zona de estudio para obtener datos cuantitativos y espaciales de producción de cultivos y de uso de agroquímicos.

Lo último que se realizó, es el análisis de la información recolectada tanto en campo como en gabinete para dar lugar a la formulación de cartografía y la redacción de resultados, así como un diagnóstico que llevará a la generación de una discusión sobre el tema, y, de ser posible a generar propuestas de acción.

Esta metodología se encuentra sintetizada en el cuadro 3.2 presentado a continuación.

Cuadro 3.2. Contaminación del suelo por uso de plaguicidas en el DR-075. Caso de estudio del Módulo de riego Santa Rosa (2013-2015)



Para este trabajo se adaptó el método de evaluación de suelos contaminados contenido en el libro titulado “*Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia*” (2000), publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el cual consiste en lo siguiente:

- * Se determinó si un plaguicida ha sido derramado en cantidades suficientes como para contaminar el suelo, además, se obtuvo la tasa de degradación (DT_{50}) que se refiere al tiempo que tarda un plaguicida en degradarse al 50%. Si un plaguicida tarda más de 6 meses en degradarse y ha sido derramado en cantidades considerables, se le puede considerar como plaguicida pertinente. Para esto se elaboró un cuadro que incluye el nombre del plaguicida derramado, si la cantidad derramada es mayor a 100 kg, si la DT_{50} es mayor a 6 meses y si es considerado plaguicida pertinente o no.
- * La información de la cantidad de plaguicidas utilizados en la zona se obtuvo a través de entrevistas a gente de la Red del Valle del Fuerte y de la AARFS.
- * Posteriormente se evaluó la concentración del plaguicida en el suelo con base en la realización de dos tablas. Una tabla contiene datos sobre el nombre del plaguicida pertinente, cantidad derramada (M), periodo de derrame (T) y la carga anual del plaguicida ($L=M/T$). La segunda tabla contiene el nombre del plaguicida pertinente, la carga anual (L), la cantidad de precipitación anual en la zona (R), la superficie del derrame (A), la solubilidad en agua del plaguicida pertinente (S), y la concentración del plaguicida ($C=L/R \times A$).
- * La información de DT_{50} y la solubilidad vienen incluidas en el mismo manual, pero sólo para algunos plaguicidas, entre los que incluye algunos utilizados en México como el clordano, endosulfan, lindano, paraquat, pentaclorofenol y warfarin, por mencionar algunos; y los faltantes se encuentran en el “*Catálogo de plaguicidas*” (CICLOPAFEST, 2004).
- * La superficie del derrame se localizó por medio de la clasificación de imágenes satelitales, ya que se conoce la localización de algunos cultivos de maíz y de frijol, los cuales se tomaron como punto de partida para poder localizar los demás cultivos en la zona de estudio y así poder cartografiarlos.

Se dice que es una adaptación debido a que este método es utilizado para determinar la concentración de plaguicidas en el suelo, pero que han sido depositados accidentalmente por fugas en los almacenes. Para este caso se utilizaron las mismas variables, sólo que fueron utilizadas para determinar la concentración de plaguicidas con base en su uso y en un área mucho más grande al tratarse de campos de cultivo que alcanzan superficies de hasta 100 hectáreas.

3.2.1 Imágenes satelitales de alta resolución

El análisis de las imágenes de satélite inicia con trabajo de campo, ya que, lo primero que se hizo fue localizar cultivos de maíz y de frijol en campo para tomarlos como referencia en el momento de hacer la clasificación de la imagen.

Posteriormente, se le aplicó a la imagen el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) debido a la sencillez de su cálculo y porque presenta un rango fijo de variación entre -1 y 1, lo que facilita el análisis de las imágenes. Además de que permite identificar la cobertura vegetal, así como el desarrollo de las plantas a través del tiempo.

Ya con el proceso NDVI se aplicó una clasificación supervisada de las imágenes. Primero se ubicaron en la imagen los cultivos que se investigaron en campo y se observaron los valores que reflejan, los cuales se tomaron como referencia para estandarizarlos en el resto de la imagen. Esto quiere decir que, si una parcela que se tiene identificada en campo como cultivo de maíz, y en la imagen refleja valores que van de 0.49 a 0.52 entonces, todas las parcelas en el resto de la imagen que reflejen estos valores se tomarán como cultivos de maíz, y lo mismo ocurrirá con las demás parcelas.

También se tomó en cuenta el área que ocupa un cultivo dentro de la zona de estudio, de tal manera que, las parcelas que reflejan valores asociados al maíz son las mismas que ocupan la mayor extensión de tierras entonces se estaría ratificando el resultado.

La clasificación supervisada de la imagen satelital arrojó el área que ocupan las parcelas de diferentes cultivos en la zona de estudio. La cantidad de uso de

plaguicidas utilizado se obtuvo de datos obtenidos en campo y que, para poderlos cartografiar se realizó una tabla y se ubicaron en las parcelas para posteriormente crear una capa de puntos y de esta manera poder localizarlos puntualmente en cada parcela.

3.2.2 Determinación de la pertinencia de los plaguicidas utilizados para los principales cultivos

Se denominan plaguicidas pertinentes aquellos que, por su aplicación o derrame en el suelo, agua o aire, tienen la capacidad de contaminar de manera significativa, a tal grado que pueda acumularse y causar daño al suelo, plantas, animales y el mismo ser humano (FAO, 2000).

Para que un plaguicida pueda determinarse como pertinente necesita haber una aplicación o derrame mayor a 0.1m^3 o 100 kg de sustancia, ya que, cantidades menores son demasiado pequeñas para causar una contaminación grave, debido a que dichas cantidades nunca podrán alcanzar concentraciones suficientemente altas para causar daños a la salud (FAO, 2000).

Para determinar si un plaguicida es o no pertinente como fuente de contaminación se utilizó como criterio un valor de DT_{50} de medio año para el suelo, debido a que, un plaguicida con una semi-desintegración menor a 6 meses presenta un bajo riesgo de contaminación en el suelo (*Ibid.*).

Para este trabajo se decidió cartografiar el uso del herbicida Faena Fuerte porque, si bien no es considerado como un plaguicida pertinente, al tener una TD_{50} menor a 6 meses, sí es una de las sustancias más utilizadas en el combate de malezas y tiene una TD_{50} de alrededor de 2 meses, lo que hace que sea un plaguicida que se va acumulando al existir la probabilidad de ser utilizado durante todo el año, debido a que se utiliza en cultivos como el frijol, maíz, papa, sorgo, soya y mango. En el cuadro 3.3 se muestran los plaguicidas que comercializa la AARFS con el objetivo de determinar la pertinencia de las sustancias.

Cuadro 3.3. Plaguicidas comercializados y utilizados por la AARFS

PLAGUICIDA	TOXICIDAD	TASA DE DEGRADACIÓN DT ⁵⁰	SOLUBIIDAD EN AGUA
Metamidofos	I-Extremadamente tóxico	Hasta 12 días	Más de 2,000,000 mg/L- Sumamente soluble
Monocrotofos	I-Extremadamente tóxico	Hasta 1 semana	N/D
Abamectina	I-Extremadamente tóxico	De 2 semanas a 2 meses	10 µg/L- No es soluble
Endosulfan	II- Altamente tóxico	Hasta 26 meses	0.5 mg/L- Ligeramente soluble
Metomilo	II- Altamente tóxico	14 días	58,000 mg/L
Carbofuran	II- Altamente tóxico	De 1 a cuatro meses	320 mg/L- Sumamente soluble
Paraquat	II- Altamente tóxico	Hasta 2.5 años	Altamente soluble
Clorpirifos	III- Moderadamente tóxico	De 2 a cuatro meses	0.4 mg/L- Ligeramente soluble
Cipermetrina	III- Moderadamente tóxico	Hasta 16 días	0.04 mg/L
Dimetoato	III- Moderadamente tóxico	Hasta 4 meses	25 mg/L- Fácilmente soluble
2,4-D	III- moderadamente tóxico	7 días	900 mg/L- Sumamente soluble
Propiconasol	III- Moderadamente tóxico	Hasta 3 meses	100 mg/L
Glifosato	IV- Ligeramente tóxico	De hasta 2 meses	Más de 100 mg/L- Sumamente soluble
Atrazina	IV- Ligeramente tóxico	De 2 a 5 meses	34.7 mg/L- Fácilmente soluble
Clorotalonil	IV- Ligeramente tóxico	7 días	0.6 mg/L- Ligeramente soluble
Mancozeb	IV- Ligeramente tóxico	7 días	6 mg/L
Captan	IV- Ligeramente tóxico	De hasta 2 semanas	5.1 mg/L- Moderadamente soluble
Azufre elemental	IV- Ligeramente tóxico	Altamente persistente	Insoluble en agua
Carbendazim	IV- Ligeramente tóxico	Poco persistente	29 mg/L
Oxitetraciclina	IV- Ligeramente tóxico	Poco persistente	Ligeramente soluble en agua

Fuente: Elaborado con base en INIFAP, 2010; CICOPLAFEST, 2004; FAO, 2000 y AARFS, 2016.

Se observa que el endosulfan ($TD_{50}=26$ meses) y el paraquat ($TD_{50}=2.5$ años) serían los únicos plaguicidas pertinentes de la lista si se aplicaran más de 100 litros al año, porque son los únicos que presentan una tasa de degradación al 50% de más de medio año. Mientras que las demás sustancias no rebasan los 4 meses y en algunos casos persisten sólo una semana como el clorotalonil y el captan, por ejemplo.

En cuanto a la toxicidad de las sustancias se observa que, de acuerdo con CICOPLAFEST (2004), 3 de los 20 plaguicidas son extremadamente tóxicos, 4 son categoría II- Altamente tóxicos, 4 son categoría III- Moderadamente tóxicos y 9 son ligeramente tóxicos. Esto es importante debido a que muestra que, a pesar de su baja persistencia en el ambiente, estas sustancias no dejan de ser tóxicas por lo menos durante una semana después de su aplicación, afectando así animales, plantas, cuerpos de agua, y alimentos.

3.3 Valoración del uso de agroquímicos en el módulo de riego Santa Rosa

El módulo de Riego Santa Rosa es el más grande del DR-075 y en este módulo se aplican grandes cantidades de agroquímicos debido a la gran producción de maíz, papa y frijol que existe, los cuales, son los principales cultivos en el módulo y además utilizan grandes cantidades de sustancias, sobre todo en la etapa de preparación de la tierra y en su etapa adulta. Por ejemplo, el caso de la papa, en donde se tiene que fumigar cada 5 o 6 días aproximadamente para aprobar los controles de calidad.

En los últimos años se ha intentado convencer a los productores de cambiar el manejo de plagas hacia un manejo integrado de las mismas, sin embargo, la disminución de la producción y el aumento de trabajo complica la transición de la manera en que se combaten las plagas, por lo que gracias a la intervención del mercado internacional, se continua con las fumigaciones a base de sustancias químicas.

3.3.1 Tipos y cantidades de plaguicidas utilizados en el módulo de riego Santa Rosa

Se realizó una primera visita del 1° al 7 de agosto de 2014, a diferentes instituciones en el DR-075 con el objetivo de obtener información sobre la recolección de envases vacíos de agroquímicos realizada por Campo Limpio, la cual es una asociación civil que recicla los envases vacíos de los agroquímicos para procesarlos y transformarlos en diferentes artículos.

El proceso que utiliza Campo Limpio es el siguiente.

Se colocan Centros de Acopio Primario (CAP) cerca de los campos o en las ciudades y pueblos para que los agricultores lleven sus envases; posteriormente, con ayuda de las casas comercializadoras y los mismos agricultores se forman rutas de recolección de envases que están en dichos CAP para transportarlos a los Centros de Acopio Temporal (CAT), donde clasifican, se pesan, se compactan y se preparan para enviarlos a destino final, que es donde se transforman.

Como resultado de la visita mencionada al DR-075 se encontró lo siguiente:

- 1.- De los 13 módulos de riego que existen en el DR-075 sólo 2 cuentan con Centros de Acopio Primario (CAP) de envases de plaguicidas.
- 2.- En los 2 módulos de riego donde existen CAP en operación (Batequis y Mavari) existen 12 contenedores de tela ciclónica, sin embargo, sólo funcionan 5 de manera eficiente.
- 3.- El programa Campo Limpio recolecta envases de plaguicidas en el DR-075 periódicamente, sólo que la mayoría de los envases se recolectan directamente en los campos agrícolas y en las pistas de aero-fumigación; es decir, los CAP no son una opción para recabar información sobre el consumo de plaguicidas por módulo de riego.
- 4.- Los envases recolectados no se cuentan ni se pesan, sino, hasta que llegan al Centro de Acopio Temporal (CAT).

5.- El Valle del Carrizo cuenta con más de 30 CAP, muchos más del doble de los que hay en el Valle del Fuerte.

Por lo mencionado es que se decidió tomar como caso de estudio el módulo de riego Santa Rosa además de que dicho módulo es el más productivo de todo el DR-075, tiene la mayor cantidad de usuarios, la mayor superficie con derecho a riego y es el más accesible al tener sus oficinas en la ciudad de Los Mochis, que se encuentra dentro del mismo módulo.

Se realizó un segundo viaje de investigación en las mismas fechas, pero del año 2015 en el cual se intentó obtener información a través del programa Campo Limpio ya que ellos llevan un control de los envases vacíos de agroquímicos utilizados en la región.

A Campo Limpio se le solicitó la información relacionada con las bitácoras de recolección de envases la cual fue negada bajo el argumento de que esa información es confidencial. Dicha información se podría obtener de primera mano si se lograra obtener un trabajo en la AARFS o bien si la asociación y Campo Limpio diera permiso de participar en el proceso de recolección y monitoreo de uso de agroquímicos, sin embargo, son actividades que necesitan de una gran inversión de tiempo y dinero.

Posteriormente se asistió a las oficinas del módulo de riego Santa Rosa, ubicadas en la ciudad de Los Mochis para realizar una entrevista con el ingeniero Jesús Manuel Zamorano Borques (Gerente de operaciones del módulo de riego Santa Rosa en el año 2015) quien fue muy accesible para responder a mis preguntas, sin embargo, la información que él pudo brindar está más relacionada con la producción de alimentos y las cosechas.

Se intentó realizar entrevistas a los agricultores que llegaron a las oficinas del módulo de riego, pero por error en la planeación del viaje a Los Mochis se contactó a muy pocos agricultores, además de que se negaron a contestar las preguntas por falta de tiempo.

El siguiente paso fue entrevistar a 10 casas comercializadoras de insumos agrícolas de aproximadamente 20 que se encontraron en la ciudad de Los Mochis y de esas 10 sólo 5 accedieron a contestar.

La información relevante para este trabajo fue negada bajo el mismo argumento de la confidencialidad, ya que, las comercializadoras llevan un registro de los clientes y las cantidades y tipos de sustancias que adquieren, además de que colaboran con Campo Limpio en la recolección de envases y de que conservan una copia del certificado que se otorga a quien entrega los envases vacíos.

En seguida se exponen los resultados de las entrevistas y visitas que se realizaron en el Módulo de Riego Santa Rosa.

Gestión del Módulo de Riego Santa Rosa

De acuerdo al Ingeniero Jesús Manuel Zamorano Borques (Gerente de operaciones del Módulo de Riego Santa Rosa, 2015), el módulo es el más grande y tecnificado del DR-075, al contar con 33,000 hectáreas de cultivos y utilizar sistemas presurizados y otras técnicas en las que predomina el sistema de aspersión debido a que uno de los cultivos más importantes es la papa con 5,000 hectáreas.

El primer cultivo es el maíz con un aproximado de 19,000 ha, y el frijol, por su parte, ha disminuido su producción debido a los bajos precios de compra por lo que no pasó de las 3,000 ha cultivadas para el ciclo agrícola de otoño/invierno 2014/1015.

En cuanto a agroquímicos, la papa utiliza bastantes fungicidas y cuando cuenta con sistema de aspersión se fumiga con aviones cada 7 u 8 días.

Las marcas de las sustancias utilizadas varían constantemente porque las plagas poco a poco se vuelven resistentes, por lo que, se utiliza mucho el llamado Faena, el cual es un herbicida glifosato, y que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, se quiere sacar del mercado al ser catalogado como probable cancerígeno y que ya ha sido prohibido en por lo menos 6 naciones.

En cuanto a Campo Limpio, el módulo cuenta con una jaula que se encuentra en el taller de maquinaria para recolectar los envases de herbicidas el cual se aplica en

los drenes para contener las malezas que crecen en los desagües y pueda fluir el agua. En el módulo se practica el triple lavado de envases, los separan, les quitan las tapas y los encostalan.

Todas las pistas de aero-fumigación están obligadas a tener una jaula, pero existen algunos pilotos que fumigan a tal cantidad que en ocasiones llenan las jaulas en un fin de semana y es necesario quemar envases constantemente sin que se lleve un control de la cantidad de sustancia utilizada y de envases destruidos.

Casas comercializadoras de insumos agrícolas

Según información recabada en campo, las comercializadoras saben cuáles son los insumos agrícolas más vendidos y algunas conocen las cantidades exactas sólo que por políticas de privacidad no es información que pueda otorgar a cualquier persona.

En general no se conoce de manera puntual el lugar donde se aplican los plaguicidas, algunas conocen la procedencia de los clientes, pero es información confidencial. Se obtuvo información de 5 casas comercializadoras y los resultados se encuentran en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Los Mochis, Sinaloa. Entrevistas con casas comercializadoras de insumos agrícolas

Preguntas casa comercial	Los 5 plaguicidas más comercializados	Destino del producto comercializado	Procedencia de los clientes	Colaboración con Campo Limpio
CARVEL	-La comercialización varía mucho. -No hay 5 agroquímicos más vendidos como tal.	Desconocido	De todos los módulos	-Colaboran con campo limpio. -No se sabe la cantidad de envases que se recolectan
AGRIEXPRESS	-Cipermetrinas y carbamatos. -No se puede revelar la información sobre cantidades vendida	Desconocido	De todos los módulos	-Colabora con Campo Limpio -No se conoce la cantidad de envases recolectados
				-Colabora con Campo Limpio

PRO-AGRO	-Fungicidas, insecticidas, herbicidas, acaricidas. -Las cantidades comercializadas son muy variadas	Desconocido	De todos los módulos	planeando rutas y dando conferencias sobre el programa. -No se conoce la cantidad de envases recolectada
INNOVACIÓN AGRÍCOLA	-Nitrato de potasio, Dimetoatos, Novaluron, Cipermetrina. -No se conocen las cantidades vendidas	Se aplican en los alrededores de Los Mochis	De todos los módulos	-Colabora con campo Limpio. -No se conocen las cantidades de envases recolectadas
CAVE S.A.	-Clorpirifos, Dimetoatos, Deltametrina, Novaluron, Cipermetrina. -No se sabe la cantidad comercializada	Es información confidencial	Del Módulo de Riego Santa Rosa	-Colabora con campo Limpio. -Se desconocen las cantidades de envases recolectados

Elaborado con base en información obtenida en campo. (2015).

Las comercializadoras investigadas colaboran con Campo Limpio, pero argumentan desconocimiento de la cantidad de envases que se recolectan, lo cual no es verdad, puesto que se sabe que la persona encargada de realizar el recorrido de recolección de envases conserva una copia del certificado que se entrega en el CAT con la cantidad de envases entregados y el nombre de la persona que los entrega.

Entre los plaguicidas más vendidos destacan los Carbamatos, Cipermetrinas, Nitrato de potasio, Dimetoatos, Novaluron, Clorpirifos y Deltametrina. Es importante destacar que algunos de estos agroquímicos también son comercializados por la AARFS como las Cipermetrinas, Dimetoatos, y Clorpirifos, los cuales son considerados moderadamente tóxicos, ninguno de los tres se degrada a un 50% en más de 4 meses y son ligeramente solubles en agua. Por degradarse al 50 % en menos de 4 meses no se les puede considerar plaguicidas persistentes.

Aplicadores de Agroquímicos

En la opinión del personal de aplicadores de la pista de aero-fumigación “Concheros” (2015), actualmente existe un descontento en la pista con la aplicación

de agroquímicos y en especial con el manejo de los residuos, debido a que la comercializadora vende los productos con envase incluido, el productor lo entrega al aplicador y el fumigador es el último responsable del desecho sin siquiera haber comprado el producto (Anexo fotográfico. Fotografías 1 y 2).

En cuanto a Campo Limpio, se menciona que es un programa con muchas deficiencias, debido a que, hay ocasiones en las que las jaulas distribuidas por todo el módulo se desbordan debido a que hay bastantes envases y Campo Limpio tarda mucho en recolectarlos, tanto, que la gente prefiere quemarlos, entonces cuando pasan a la recolección ya no hay envases.

Un hecho sobresaliente es que en la aero-fumigadora no se cuenta la cantidad de agroquímicos que les dejan los productores ni cuántos entregan a Campo Limpio y en realidad no les interesa saberlo, lo que habla del poco interés en llevar un control de la cantidad de plaguicida aplicado.

Con el objetivo de no contaminar las orillas de las carreteras ni ríos, SEMARNAT obligó a la aero-fumigadora a construir su pista con una leve pendiente hacia el lado puesto de la carretera y al final de la pendiente debe haber una fosa para que allí se depositaran los residuos tóxicos. Posteriormente SEMARNAT frecuentaría el lugar para desazolvar y retirar los residuos de la fosa y así cumplir con el objetivo mencionado, sin embargo, la institución nunca regresó y se terminó por cerrar la fosa ya que se pudría el residuo por lo que ahora los residuos se quedan en la orilla de la carretera y el personal debe limpiarlo constantemente.

En cuanto al uso de plaguicidas se afirma que el cultivo de papa, cuando es adulta se fumiga cada 7 u 8 días con avioneta.

Productores

El Ingeniero Jesús Zamorano (Gerente de Operaciones del Módulo de Riego Santa Rosa) cuenta con una parcela al sur del módulo de unas 10 hectáreas donde destaca el maíz, el frijol y la papa.

En cuanto a agroquímicos se refiere, menciona que utiliza el Faena (1.5 l/ha) para combatir las hierbas que crecen por la lluvia, y si no es suficiente para la hierba,

entonces se usan sobres de PIC (un sobre por hectárea), el cual es un herbicida selectivo, además de aminas en dosis pequeñas para que sea selectivo (800 ml/ha).

Cuando el maíz tiene aproximadamente 10 cm de crecimiento y aparece el primer gusano (trozador o cogollero) se utiliza la cipermetrina, hasta 2 l por hectárea. Cuando se aplica el agroquímico con avioneta, va el insecticida y el herbicida en una misma carga para economizar y no es recomendable fumigar con tractor ya que, se podrían pisar los surcos.

En el Módulo de Riego santa Rosa la temporada de plagas se ve impulsada por la brisa proveniente del mar y que corresponde a los meses de noviembre, diciembre y enero, casualmente la época de plagas corresponde con el ciclo de cultivo de la papa, por lo que si un productor tiene 10 ha de cultivo de papa y su ciclo dura aproximadamente 100 días entonces se habla de que se aplican cerca de 120 litros de 2, 4-D, que es un químico basado en cipermetrina.

En resumen, los tres principales cultivos son maíz, frijol y papa. En el ciclo primavera-verano 2015 el maíz se fumigó 2 veces, el frijol 4 veces y la papa 15 veces, por lo que para el maíz se utilizaron 56 litros de agroquímicos; para el frijol 25 l y para la papa 120 l. Para el maíz se utilizaron 0.8 ml de 2,4-D por hectárea y 2 l de glifosato por hectárea cuando no hay cultivo.

Además, se utiliza cipermetrina, imidacloprid, mancozeb y metomilo solo que no se especificaron cantidades ni cultivos. Debe señalarse que el Imidacloprid se considera moderadamente tóxico y tiene una tasa de degradación al 50% en suelos de hasta 6 meses, además de ser sumamente soluble en el agua, por lo que, si se aplican más de 100 l al año en un área determinada se estaría hablando de un plaguicida pertinente (CICOPLAFEST, 2004).

El Mancozeb es considerado ligeramente tóxico, tiene una degradación de no mayor a 7 días y es ligeramente soluble en agua y el Metomilo es altamente tóxico, no persiste en el suelo más de 14 días, pero es altamente soluble en agua, sin embargo, al igual que el Mancozeb, no se les puede considerar plaguicidas

pertinentes ya que su tasa de degradación al 50% es mucho menor a 6 meses (*Ibid.*).

3.3.2 Uso de plaguicidas de acuerdo a la clasificación de imágenes satelitales

Se eligió la imagen LANDSAT 8 del 24 de marzo de 2015 por ser una imagen que se encuentra dentro del periodo de estudio y permite una mejor visibilidad de los elementos al no tener tanta interferencia atmosférica.

Para la aplicación del NDVI se tomaron en cuenta los criterios de Gonzaga (2014) en los que los cuerpos de agua reflejan valores negativos, el suelo descubierto y la vegetación rala presentan valores muy cercanos a cero, mientras que la vegetación densa y sana presentan los valores más altos en el NDVI.

Para los cultivos que se identificaron en campo como papa, en la imagen clasificada refleja valores que van de 0.53 a 0.56, mientras que el maíz va de 0.49 a 0.52, el frijol va de 0.46 a 0.48, posteriormente se identificaron otras tres clases que se tomaron como cultivos al presentar geometrías definidas y contener valores similares dentro de sus límites y van de 0.43 a 0.45, de 0.41 a 0.42, y de 0.38 a 0.40. Los pixeles con valores más cercanos a cero se consideraron como suelo que se cultiva pero que en el momento en que se tomó la imagen se encontraba en descanso, así como el suelo desnudo y las zonas urbanas; los cuerpos de agua, por su parte, reflejan valores negativos (Fig. 3.1).

Se conoce el área que ocupó cada cultivo en el ciclo agrícola 2014- 2015, que es el ciclo en el cual se tomó la imagen. De tal manera que, de acuerdo con la AARFS (2015), el cultivo con la mayor extensión fue el maíz con 19,570 ha, seguido de la papa con 4,720 ha y el frijol con 3,195 ha, por lo que, en la clasificación, lo que se identificó como maíz debe ocupar la mayor extensión del módulo, el que tenga la segunda mayor extensión será la papa y el tercero el frijol (3,775.12 ha), le seguiría el garbanzo con 1,756.81 ha el tomatillo con 1,346.17 ha y el chile con 89.40 ha (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Módulo de riego Santa Rosa. Clasificación supervisada de la imagen satelital LANDSAT 8 del 24 de marzo de 2015

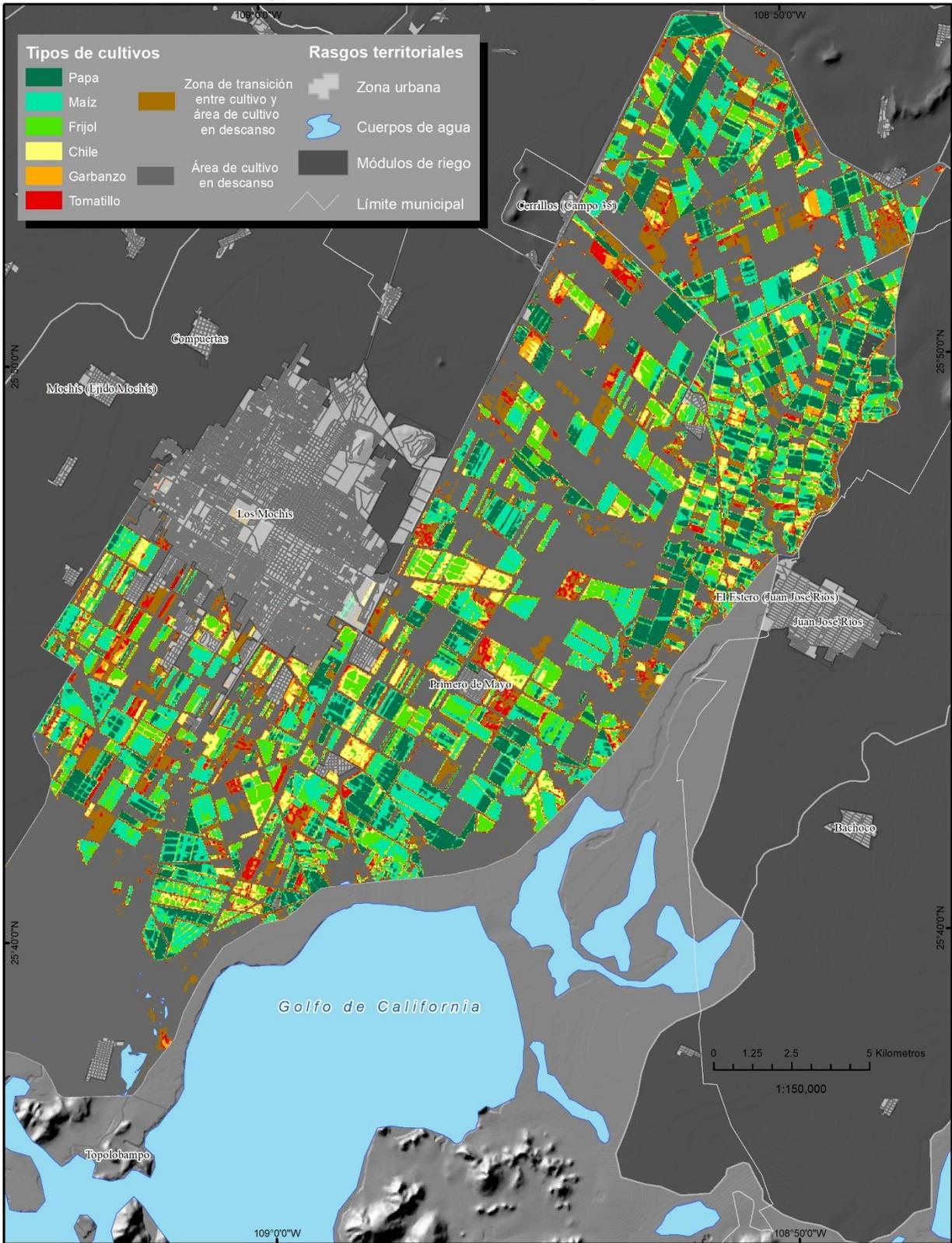
Clase	Características	Interpretación	Uso de plaguicidas durante un ciclo agrícola
Papa (4,284.62 ha)	Refleja los colores de verde más intensos en la imagen y los polígonos tienen formas geométricas definidas.	Se tiene una parcela identificada que refleja estos valores, por lo que se le considerará como papa. Cabe mencionar que debe coincidir con la segunda mayor extensión del módulo de riego.	1.5 l/ha de Faena 12 l/ha de 2, 4-D Subtotal= 13.5 l/ha Total=57,842.62 l
Maíz (5,147.92 ha)	Refleja tonalidades de verde intensos pero menor que las de la papa y sus polígonos tienen formas geométricas definidas.	Esta clase corresponde al cultivo identificado en campo como maíz, por lo que debe corresponder con el área más grande dentro del módulo de riego.	3 l/ha de Faena 1.6 l/ha de 2, 4-D Subtotal= 4.6 l/ha Total= 23,680.432 l
Frijol (3,775.12 ha)	Refleja tonos de verde con menor intensidad que el maíz. Sus polígonos tienen formas geométricas definidas	De acuerdo al análisis de la imagen dentro de varias parcelas se reflejan los valores de este cultivo por lo que se consideró como una misma clase.	3 l/ha de Faena 3.2 l/ha de 2, 4-D Subtotal= 6.2 l/ha Total= 23,405.744 l
Chile (89.40 ha)	Sus tonalidades de verde son de poca intensidad. Sus polígonos están bien definidos.	De acuerdo al análisis de la imagen dentro de varias parcelas se reflejan los valores de este	1.5 l/ha de Faena Total= 134.1 l

		cultivo por lo que se consideró como una misma clase.	
Tomatillo (1,346.17 ha)	Sus tonos de verde son tenues pero uniformes dentro de cada parcela. Sus polígonos son formas geométricas definidas.	De acuerdo al análisis de la imagen dentro de varias parcelas se reflejan los valores de este cultivo por lo que se consideró como una misma clase.	1.5 l/ha de Faena Total= 2,019.255 l
Garbanzo (1,756.81 ha)	Tiene los tonos de verde con menos intensidad, pero uniforme dentro de cada parcela. Sus polígonos están bien definidos.	De acuerdo al análisis de la imagen dentro de varias parcelas se reflejan los valores de este cultivo por lo que se consideró como una misma clase.	1.5 l/ha de Faena Total= 2,635.215 l
Zona de transición entre cultivo y área cultivo en descanso (3,595.37 ha)	Son polígonos que presentan manchones de color verde en combinaciones con colores amarillos y hasta naranjas. Los polígonos son figuras bien definidas.	De acuerdo al análisis de la imagen dentro de varias parcelas se reflejan los valores de este cultivo por lo que se consideró como una misma clase.	No aplica
Área de cultivo en descanso y zona urbana (21,070.94 ha)	Área de cultivo en descanso: Son polígonos que reflejan colores desde amarillos hasta naranjas. Son polígonos con formas bien definidas. La zona urbana refleja tonos naranjas, sus formas no son tan definidas.	Son los polígonos que ya no reflejan ningún tono de verde y que, en comparación con la imagen en color natural, se sabe que no tienen ningún cultivo. Los poblados y ciudades están bien identificados.	No aplica

Cuerpos de agua (89.40 ha)	Refleja distintos tonos de rojo y sus formas geométricas son irregulares.	Reflejan tonos de rojo muy intensos, además de que están bien identificados.	No aplica
----------------------------	---	--	-----------

Elaboración propia con base en la clasificación supervisada de la imagen de satélite

Fig.3.1. Modulo de riego Santa Rosa. Tipos de cultivo.



La imagen clasificada en la fig. 3.1 funcionó como base para conocer la distribución del uso de plaguicidas ya que muestra la distribución de los cultivos en el Módulo de riego Santa Rosa, y con esto también se puede conocer la dimensión de cada parcela.

Se puede observar que los cultivos se encuentran concentrados en la parte Norte y Este del módulo de riego, mientras que en la parte central y hacia el Oeste los cultivos se encuentran más dispersos y ya hacia el Sur se observan los cultivos nuevamente concentrados. También se puede apreciar que los cultivos de maíz y papa cuentan con las parcelas de mayor tamaño, seguidas por las de frijol, mientras que los demás cultivos se encuentran dispersos por todo el módulo, pero en parcelas muy pequeñas. Se nota que el módulo de riego tiene sembradas hasta el 24 de marzo de 2015 unas 16,395 ha equivalente al 49.6%.

La información proporcionada por el Ing. Jesús Zamorano da un aproximado de la cantidad de plaguicidas que se utiliza por hectárea en un ciclo agrícola para algunos cultivos (cuadro 3.5). Con esta información, en conjunto con la ubicación de los cultivos, así como el área de cada parcela, proporcionada por la fig. 3.1 se obtiene la distribución del uso de plaguicidas en el Módulo de Riego Santa Rosa.

También se ha mencionado que la superficie cultivada representada en la fig. 3.1 no sobrepasa el 50% de la superficie cultivable lo cual quiere decir que existe la probabilidad de que Faena Fuerte u otros glifosatos se estén utilizando durante todo el año, aumentando así la probabilidad de acumulación de la sustancia en el suelo.

3.3.3 Concentración de plaguicidas en el suelo del módulo Santa Rosa

Se consideró el Faena Fuerte como un plaguicida pertinente al tener una TD₅₀ de alrededor de 2 meses, y por tener un derrame mayor a 100 l.

Se encontraron 58 parcelas en las que se identificaron más de 100 litros de glifosato en el ciclo agrícola Otoño/Invierno 2014-2015, de las cuales 3 son de papa, 36 son de maíz y 19 de frijol, como se muestra en la figura 3.2.

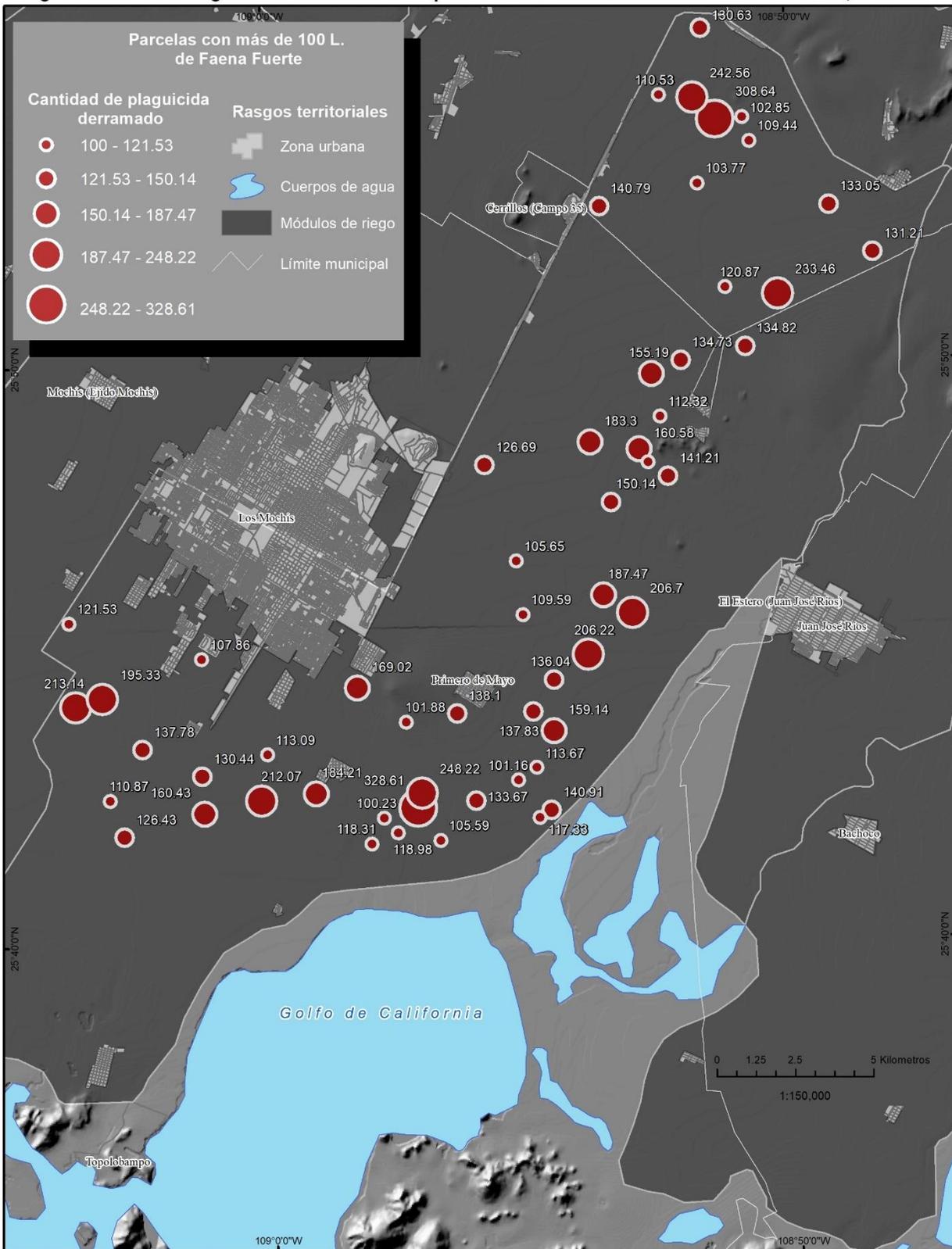
Las parcelas que utilizaron más de 100 litros de sustancia tienen alta probabilidad de concentración y acumulación de plaguicidas, debido a que, cantidades derramadas menores a 100 litros no representan mayor riesgo (FAO, 2000).

Si bien la distribución de los cultivos, en comparación con el uso de Faena Fuerte, no están del todo definidas ya que, un cultivo de maíz puede estar en zonas de uso de plaguicidas muy bajo y alguna parcela que ha sido clasificada como garbanzo puede estar en zonas de alto uso de plaguicida, la zonificación si muestra de manera general la ubicación de los cultivos respecto a la distribución del uso de Faena Fuerte.

Fig.3.2. Modulo de riego Santa Rosa. Parcelas que utilizaron más de 100 L de Faena Fuerte. O/I, 2014-2015.



Fig.3.3. Modulo de riego Santa Rosa. Parcelas que utilizaron más de 100 L de Faena Fuerte. O/I, 2014-2015.



En la fig. 3.2 se muestran el color rojo las parcelas que utilizaron más de 100 litros de Faena Fuerte, mientras que en la figura 3.3 se muestra la cantidad aproximada que se utilizó en cada una de estas parcelas. Se puede apreciar como la distribución de dichas parcelas se encuentra a través de todo el módulo de riego de norte a sur por la parte central.

Para conocer la concentración de glifosato en el suelo fue necesario realizar cuadros como el que se presenta a continuación, extraídos del libro “Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia” (FAO, 2000).

Cuadro 3.6. Módulo de riego Santa Rosa. Evaluación de la contaminación del suelo. Parte “A”

Plaguicida pertinente	M= cantidad derramada (Kg o L)	T= Periodo de derrame (años)	L= Carga anual de plaguicidas infiltrados (L=M/T)
Faena Fuerte	328.61	0.5	657.22
Faena Fuerte	308.64	0.5	617.28
Faena Fuerte	248.22	0.5	496.44

Cuadro 3.7. Módulo de riego Santa Rosa. Evaluación de la contaminación del suelo. Parte “B”

Plaguicida pertinente	L=carga anual (kg/año)	R= precipitaciones anuales (m)	A= superficie del derrame (m ²)	S= Solubilidad en agua (kg/m ³)	C=L/(RA) (kg/m ³)
Faena Fuerte	657.22	0.348	730, 300	0.0001	0.00258601
Faena Fuerte	617.28	0.348	685, 900	0.0001	0.00258608
Faena Fuerte	496.44	0.348	551, 600	0.0001	0.00258621

El cuadro 3.7 se realizó para cada una de las 58 parcelas donde se aplicaron más de 100 l de Faena Fuerte, sin embargo, aquí sólo se muestran los resultados de las primeras tres como ejemplo de los resultados que se obtienen con los cálculos, la tabla completa se encuentra en la página 92. La información se puede apreciar de mejor manera en la figura 3.4. El plaguicida pertinente es el mismo para todas las parcelas, ya que, es el único que se ha considerado como tal.

La carga anual se ha obtenido a partir de los datos que se obtuvieron en campo, los cuales dicen que se aplicaron 1.5 litros por hectárea para la papa y 3 litros para el maíz y el frijol durante medio año, lo cual, al multiplicarlo por el área de cada parcela, da como resultado la cantidad de plaguicida vertido en toda el área, y que, si se multiplica por dos, se obtendrá la carga anual. El valor de la precipitación se extrajo de la página de la Red del Valle del Fuerte, que es la página del DR-075, donde se encuentra la cantidad de precipitación en los alrededores de las presas que operan dentro del DR-075. La superficie del derrame fue obtenida con base en la clasificación supervisada de la imagen tipo LANDSAT 8 del 24 de marzo de 2015 del área de estudio. La solubilidad en agua del plaguicida se obtuvo del catálogo de plaguicidas (CICOPLAFEST, 2004). Y la concentración se obtuvo a partir de la carga anual, dividido entre el resultado obtenido de multiplicar la precipitación por la superficie.

Los resultados de las operaciones son muy similares para el maíz y para el frijol de 0.002586 kg/m³ y para la papa es de 0.000862 kg/m³, equivalentes a unos 2.586 g/m³ y a 0.862 g/m³ respectivamente.

El método de determinación de la concentración de plaguicida en el suelo dice que:

$$\text{Si } \frac{L}{RA} \leq S \text{ entonces } C = \frac{L}{RA}$$

$$\text{Si } \frac{L}{RA} > S \text{ entonces } C = S$$

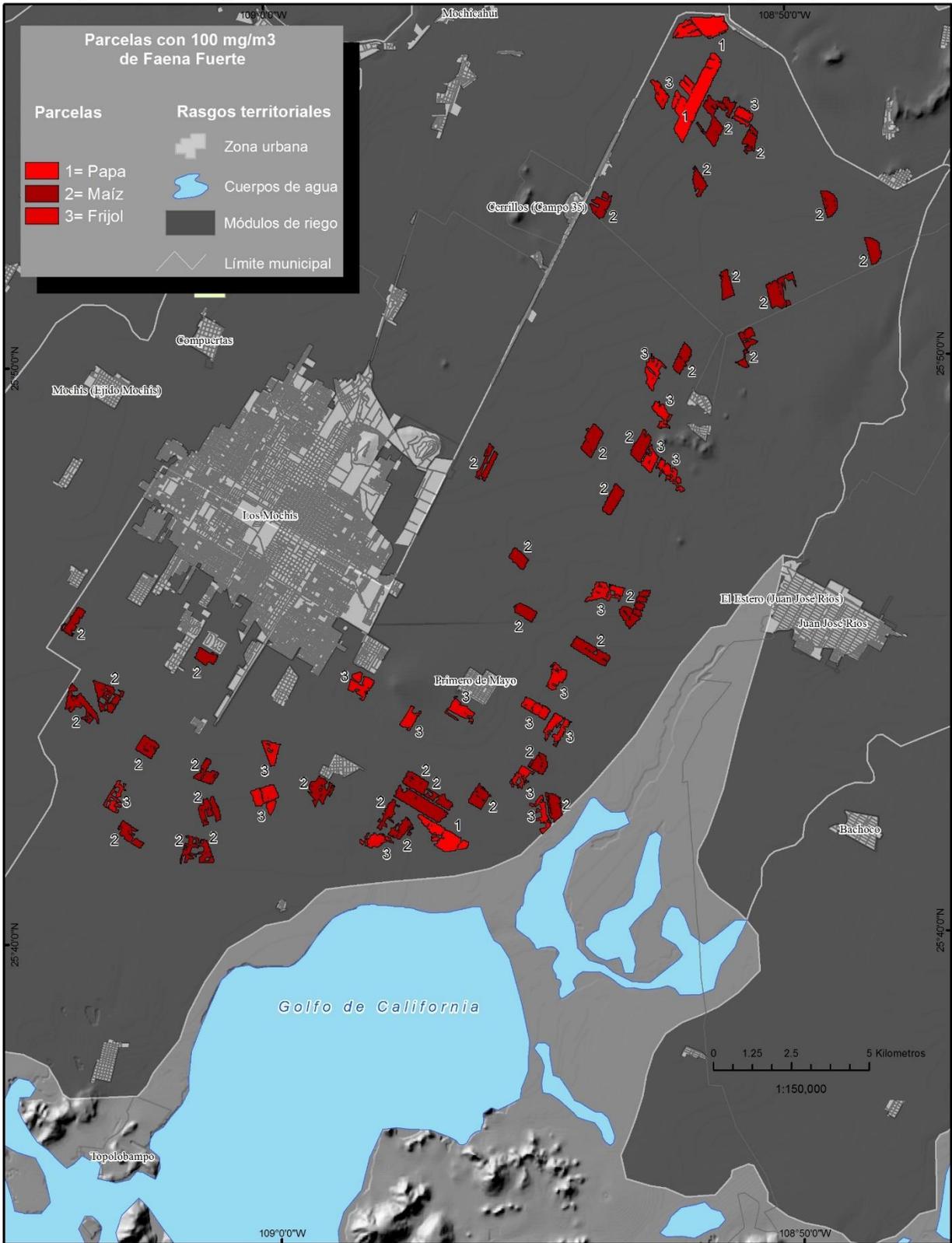
Lo que significa que, si la concentración de plaguicida calculado es menor o igual a la solubilidad de la sustancia, entonces la concentración será el resultado de la estimación de la concentración. Pero si la concentración del plaguicida es mayor que la solubilidad del mismo, entonces la concentración de plaguicida en el suelo será igual a la solubilidad del producto.

Por lo tanto, sí se obtuvo que la concentración de glifosato en el suelo de cultivos de maíz y de frijol es de 2.586 g/m³ o lo que es lo mismo; 2,586 mg/m³ y en cultivos de papa la concentración es de 862 mg/m³; esto quiere decir que, al ser resultados

mayores que la solubilidad del glifosato (100 mg/m^3) entonces la concentración de Faena Fuerte en el suelo es de 100 mg/m^3 al año.

De tal manera que las zonas donde hubo una concentración de faena fuerte de 100 mg/m^3 en el ciclo agrícola Otoño/Invierno 2014-2015 son las que se muestran en la figura 3.4.

Fig.3.4. Modulo de riego Santa Rosa. Parcelas con concentración de Faena Fuerte de 100 mg/m3. O/I, 2014-2015.



Capítulo 4. Conclusiones

En el módulo de riego Santa Rosa se encontró que los cultivos que más demandan uso de plaguicidas son el maíz ya que es el cultivo con mayor extensión y la papa por ser un cultivo que necesita bastantes aplicaciones de agroquímicos para obtener la cosecha y calidad deseada.

Sin embargo, la obtención de información de primera mano se complicó en primera instancia porque el programa Campo Limpio, en el momento en que se realizó la visita, no funcionaba adecuadamente al contar con pocos Centros de Acopio Primario, además de que los envases que se recolectan no son clasificados de acuerdo a la sustancia que contenían, de tal manera que, aunque se tenga la cantidad de envases no se puede conocer la cantidad de plaguicida de cada contenedor por lo que no se pudo realizar la contabilización de envases de plaguicidas utilizados en la región.

El segundo obstáculo está relacionado con la confidencialidad ya que las asociaciones y empresas a las cuales se entrevistaron, negaron el acceso a su información bajo la justificación de la confidencialidad. Esto es de alguna manera comprensible ya que, esta tesis pretende cuantificar la contaminación del suelo por uso de plaguicidas, lo cual, de primera impresión parecería perjudicar el trabajo de los agricultores de la zona al llegar a clasificarse como una zona con contaminación extrema.

Por otra parte, si se llega a encontrar que la concentración de los plaguicidas es alta se propondrían soluciones de saneamiento del suelo, las cuales, probablemente provoquen una merma en la producción pero que a largo plazo les beneficiaría ya que podría alcanzar nuevamente la producción deseada y contarían con un suelo más sano por más tiempo, y se evitaría la contaminación del manto freático, ríos y lagos y se evitaría que dicha contaminación llegue a animales de consumo humano y de esta manera prevenir algunas enfermedades que los agroquímicos puedan provocar a la población.

Por otra parte, se logró obtener la información necesaria para cartografiar el uso de Faena Fuerte bajo la premisa de que sí se puede considerar un plaguicida pertinente al existir la probabilidad de que haya varias aplicaciones de más de 100 l durante un mismo año en un área determinada.

Es claro que hace falta mucho trabajo por hacer ya que, en este caso sólo se ha podido estudiar una de las sustancias utilizadas en la región de por lo menos 50 que se comercializan y de las cuales, se sabe que algunas son muy tóxicas y persistentes en el medio ambiente.

En cuanto a la metodología se puede decir que con la clasificación de imágenes satelitales se puede identificar casi cualquier objeto en las imágenes, como árboles y plantas, con lo que se pueden ubicar y cuantificar los tipos de plantas y así mismo observar su distribución en el territorio. Es claro que mientras más muestras se tomen en campo de las distintas clases que se quieren identificar en las imágenes, más preciso será el resultado.

Un problema con este método es que siempre se debe de regresar a campo para corroborar la información en lugares distintos a los que se tomó las muestras para comprobar que la información obtenida de la clasificación de las imágenes satelitales es correcta o lo más cercana a la realidad.

En cuanto al método para identificar la concentración de plaguicidas en el suelo. Es un método que sirve para realizar una primera investigación para posteriormente realizar pruebas si es necesario, sin embargo, este método ofrece parcelas específicas con alta probabilidad de concentración de plaguicidas, por lo que si se requiere tomar muestras, ya no se tomarían al azar en cualquier parte de la zona de estudio sino en cualquiera de las parcelas que el método indique que tiene mayor concentración, por lo que reduce el área de búsqueda, si se desea tomar muestras de suelo en campo.

El problema con el método es que no se puede corroborar la información hasta que se regresa a campo y se observa si lo que dice el método es verdad o se equivoca.

Debido a que se logró elaborar una caracterización geográfica del Distrito de Riego 075-Río Fuerte y se explicaron algunas condiciones socioeconómicas del mismo en el primer capítulo; se explicaron los aspectos teórico-conceptuales de la geografía aplicados a la detección del uso de plaguicidas y su concentración en el suelo en el segundo capítulo; y se ha logrado identificar la distribución del uso de un plaguicida en el Módulo de Riego Santa Rosa en el último capítulo. Se ha logrado cumplir satisfactoriamente el objetivo general de este trabajo el cual consiste en conocer la distribución del uso de plaguicidas en el suelo del Módulo de Riego Santa Rosa.

Este es un trabajo que se llevó a cabo desde lo más general, al comenzar con las características geográficas de todo el DR-075 y al describirse algunos aspectos importantes del Módulo de Riego Santa Rosa; hasta llegar a lo particular, que es la concentración del herbicida Faena Fuerte en el suelo de zonas específicas y delimitadas como áreas de cultivo de maíz, papa y frijol.

Si se quiere dar continuidad a este trabajo para corroborar los resultados se deben realizar las pruebas pertinentes en el suelo de las parcelas que se han identificado como contaminadas con glifosato, ya que, si los resultados de pruebas en el suelo coinciden con los resultados obtenidos aquí, la metodología que se aplicó funcionaría perfectamente para la planeación de rutas de estudio sobre contaminación de suelo al obtener una cartografía puntual de las parcelas contaminadas. De esta manera, el investigador de campo tendría ya las áreas específicas por donde comenzar a realizar las pruebas de contaminación del suelo.

También puede servir para el monitoreo del desarrollo de plantas en lo que se le conoce como agricultura de precisión, así como en el monitoreo y estudio de incendios forestales, y en el crecimiento de plantas y árboles en áreas de reforestación.

Como se puede observar, la participación del geógrafo dentro del análisis espacial es importante ya que su campo de desenvolvimiento es amplio y diverso, ya que todo lo que ocupe un espacio, en cualquier territorio puede ser cartografiado y por lo tanto puede ser estudiado y analizado desde la geografía. Lo cual es información

valiosa para las personas encargadas de tomar decisiones sobre la planeación del territorio y desarrollo de las comunidades.

Hay que mencionar que, aunque el método que se utilizó en este trabajo fue en gran parte de manera remota, es importante no olvidar que el trabajo de campo es la base de los estudios en la geografía ya que, lo que se hace en gabinete es a base de modelos, formulas y estimaciones, pero no hay nada más cercano a la realidad que lo que se encuentra en el campo.

“La suprema realidad de nuestro tiempo es la vulnerabilidad de nuestro planeta”

JOHN F. KENNEDY

Anexo fotográfico

Fotografía 1. Pista de aero-fumigación Concheros.



Fotografía 2. Pista de aero-fumigación Concheros.



Fotografía 3. Centro de Acopio Temporal de Barobampo.



Fotografía 4. Centro de Acopio Temporal de Barobampo



Fotografía 5. Centro de Acopio Temporal de Barobampo



Fotografía 6. Centro de Acopio Temporal de Barobampo



Fotografía 7. Envases recolectados en el Centro de Acopio Temporal de Barobampo.



Fotografía 8. Envases recolectados en el Centro de Acopio Temporal de Barobampo.



Fotografía 9. Envases recolectados en el Centro de Acopio Temporal de Barobampo.



Fotografía 10. Envases recolectados en el Centro de Acopio Temporal de Barobampo.



Apéndice 1. Uso de Faena Fuerte en las parcelas que presentan una carga anual de más de 100 kg al año

USO DE FAENA FUERTE				
A= superficie de derrame (m ²)	R= precipitaciones anuales (m)	S= solubilidad en agua (kg/m ³)	C= L/(RA) (kg/m ³)	L= carga anual (kg/año)
730300	0.34800000	0.0001	0.00258601	657.22
685900	0.34800000	0.0001	0.00258608	617.28
551600	0.34800000	0.0001	0.00258621	496.44
1617100	0.34800000	0.0001	0.00086205	485.12
518800	0.34800000	0.0001	0.00258621	466.92
473600	0.34800000	0.0001	0.00258645	426.28
471300	0.34800000	0.0001	0.00258602	424.14
459400	0.34800000	0.0001	0.00258583	413.4
458300	0.34800000	0.0001	0.00258602	412.44
434100	0.34800000	0.0001	0.00258601	390.66
416600	0.34800000	0.0001	0.00258621	374.94
409400	0.34800000	0.0001	0.00258593	368.42
407300	0.34800000	0.0001	0.00258642	366.6
375600	0.34800000	0.0001	0.00258621	338.04
356800	0.34800000	0.0001	0.00258653	321.16
356500	0.34800000	0.0001	0.00258629	320.86
353600	0.34800000	0.0001	0.00258653	318.28
344900	0.34800000	0.0001	0.00258596	310.38
333600	0.34800000	0.0001	0.00258655	300.28
313800	0.34800000	0.0001	0.00258621	282.42
313100	0.34800000	0.0001	0.00258648	281.82
312900	0.34800000	0.0001	0.00258593	281.58
306900	0.34800000	0.0001	0.00258611	276.2
306300	0.34800000	0.0001	0.00258611	275.66
306200	0.34800000	0.0001	0.00258602	275.56
302300	0.34800000	0.0001	0.00258630	272.08
299600	0.34800000	0.0001	0.00258621	269.64
299400	0.34800000	0.0001	0.00258621	269.46
297000	0.34800000	0.0001	0.00258659	267.34
295700	0.34800000	0.0001	0.00258592	266.1
291600	0.34800000	0.0001	0.00258601	262.42
870900	0.34800000	0.0001	0.00086204	261.26
289900	0.34800000	0.0001	0.00258591	260.88
281500	0.34800000	0.0001	0.00258651	253.38
281000	0.34800000	0.0001	0.00258580	252.86
270100	0.34800000	0.0001	0.00258589	243.06
268600	0.34800000	0.0001	0.00258621	241.74
264400	0.34800000	0.0001	0.00258621	237.96

262900	0.34800000	0.0001	0.00258632	236.62
260700	0.34800000	0.0001	0.00258654	234.66
252600	0.34800000	0.0001	0.00258621	227.34
251300	0.34800000	0.0001	0.00258632	226.18
249600	0.34800000	0.0001	0.00258621	224.64
246400	0.34800000	0.0001	0.00258597	221.74
245600	0.34800000	0.0001	0.00258644	221.06
243600	0.34800000	0.0001	0.00258550	219.18
243200	0.34800000	0.0001	0.00258621	218.88
239700	0.34800000	0.0001	0.00258609	215.72
234800	0.34800000	0.0001	0.00258596	211.3
703900	0.34800000	0.0001	0.00086211	211.18
230600	0.34800000	0.0001	0.00258621	207.54
229800	0.34800000	0.0001	0.00258671	206.86
228600	0.34800000	0.0001	0.00258570	205.7
226400	0.34800000	0.0001	0.00258621	203.76
224800	0.34800000	0.0001	0.00258621	202.32
222700	0.34800000	0.0001	0.00258659	200.46
221600	0.34800000	0.0001	0.00258543	199.38
218800	0.34800000	0.0001	0.00258594	196.9

Fuentes.

AARFS. *Información obtenida de la página oficial de AARFS y corroborada en campo de las oficinas de la misma institución.* México 2015. [en línea] [fecha de consulta: 28 de enero de 2015]. Disponible en: http://www.aarfs.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=545

Aguilar, Cesar y Romero, María Eugenia. *Organización empresarial y agricultura comercial. La confederación de asociación de agricultores del estado de Sinaloa, 1930-1960.* Scielo. América Latina en la Historia Económica. No. 36. México, julio/diciembre, 2011. [en línea] [fecha de consulta: 26 de enero de 2015]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-22532011000200006&script=sci_arttext

Albert, Lilia A. *Toxicología ambiental.* Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Chihuahua, México. 2004.

Albert, Lilia A. *Panorama de los plaguicidas en México. 7º congreso de actualización en toxicología clínica*. [en línea], revista toxicológica en línea (RETEL). Tepic, Nayarit, 1 y 2 de septiembre de 2005. [fecha de consulta: 01 de junio de 2014]. Disponible en: <https://silo.tips/download/panorama-de-los-plaguicidas-en-mexico>. Sertox © Copyright 2004

Andréu, Tomás. *Costa Rica, número uno del mundo en uso de agroquímicos*. [en línea], Kioscos ambientales, Universidad de Costa Rica. Costa Rica, 2009. [fecha de consulta: 02 de junio de 2014]. Disponible en: http://kioscosambientales.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=1066:costa-rica-numero-uno-del-mundo-en-uso-de-agroquimicos&catid=40:noticias-ambientales&Itemid=60

Beltran Magallanes, José Luis. *Clasificación de suelos para México y Sinaloa*. Universidad Autónoma de Sinaloa, 2020. [fecha de consulta: 16 de enero de 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341525746_Clasificacion_de_suelos_para_Mexico_y_Sinaloa/citation/download

Bertrand, Claude y Bertrand, Georges. *Geografía del Medio ambiente. El sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje*. Universidad de Granada, 2006.

Bocco, Gerardo. *Geografía y ambiente en América Latina*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM. Morelia, Michoacán. México. 2011.

Camacho Barreiro, Aurora y Ariosa Roche, Liliana. *Diccionario de términos ambientales*, Universidad de California, 2000.

Campo Limpio, Amocali A.C. [en línea] [fecha de consulta: 04 de mayo de 2014], disponible en: <https://campolimpio.org.mx/nosotros/quienes-somos>

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). *Guía práctica sobre riesgos químicos* [en línea]. 1ª edición. México D.F. Centro Nacional de prevención

de desastres. Dirección de investigación, Subdirección de riesgos químicos. Noviembre 2006 [fecha de consulta: 16 de diciembre de 2013]. *Contaminación ambiental*. Disponible en: <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/137-GUAPRCTICASOBRERIESGOSQUMICOS.PDF>

Comisión Intersecretarial para el Control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST), *Catálogo de plaguicidas* [en línea], CICOPLAFEST, México, 2004. [fecha de consulta: 10 de diciembre de 2013]. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatálogoPlaguicidas.aspx>

CONAGUA a. *Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego 075 "Río Fuerte", Sinaloa*, México, 2007 [en línea] [fecha de consulta: 20 de enero de 2015]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14656506/indice-conagua>

CONAGUA b. *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2013-2014*. México, 2015. [en línea] [fecha de consulta: 04 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-districtos-de-riego>

CONAGUA b. *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2014-2015*. México, 2016. [en línea] [fecha de consulta: 04 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-districtos-de-riego>

CONAGUA c. *Distritos de riego*. México, 2013. Presentación para el Consejo Mexicano de Desarrollo Rural Sustentable. [en línea] [fecha de consulta: 20 de enero de 2015]. Disponible en:

<https://www.cmdrs.gob.mx/sites/default/files/cmdrs/sesion/2018/09/14/1468/materiales/5-conagua.pdf>

Cortinas de Nava, Cristina. *Situación en México de las existencias de plaguicidas sujetos al convenio de Estocolmo*. [en línea], Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). México, s/f. [fecha de consulta: 06 de junio de 2014]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/206222/situaci%C3%B3n-en-m%C3%A9xico-de-los-plaguicidas>

Cossío Coutiño, Horacio José. *Estimación de parámetros de escalamiento del proceso de lavado de suelo contaminado por plaguicida 2,4-D con la ayuda de surfactante SDS, mediante un impulsor de tipo axial en un vaso de agitación*. [en línea]. Tesis que para obtener el título de licenciado en Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, 2009. [fecha de consulta: 31 de mayo de 2014]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/cossio_c_hj/portada.html

Cotler Avalos, Helena. *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. [en línea]. Primera edición. México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2010 [fecha de consulta: 07 de enero de 2014] Degradación de suelos en las cuencas hidrográficas de México. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/02/CuencasHidrogra%CC%81ficas-1.pdf>

Cremlyn, R. *Plaguicidas modernos y su acción bioquímica*, Editorial Limusa, México, D.F. Tercera edición, 1989.

FAO UNESCO. *El suelo es un fluvisol*. España s/f. [en línea] [fecha de consulta: 25 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Fluvisol.htm>

FAO UNESCO a. *Tenencia de la tierra y desarrollo rural*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, 2003. [en

línea] [fecha de consulta: 1 de febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y4307s/y4307s00.htm#Contents>

FAO UNESCO b “*Evaluación de la contaminación del suelo. Manual de referencia*”, 2000 [en línea] [fecha de consulta: 15 de febrero de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/x2570s/X2570S00.htm>

Flores, Julio, et. al. *La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente*. Centro de Ecología y Desarrollo A.C. México D.F. 1995.

Fregoso, Juliana. *En México se usan 186 plaguicidas “altamente” peligrosos, denuncian activistas; algunos fueron prohibidos en Europa*. [en línea], Sin embargo.mx, México, 2014. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2014]. Disponible en: <http://www.sinembargo.mx/18-05-2014/995238>

Frías Sarmiento, Eduardo. *Financiamiento para la agricultura comercial de Sinaloa: 1932-1949. El creciente papel de los actores privados regionales y estadounidenses*. Colegio de Sonora. México, 2007. Región y sociedad volumen XIX. No. 39. [en línea] [fecha de consulta: 26 de enero de 2015]. Disponible en: <http://lanic.utexas.edu/project/etext/colson/39/6.pdf>

García Gutiérrez, Cipriano. *Et. al. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa*. [en línea], Ra Ximhai, Universidad Autónoma Indígena de México, Vol. 8, Núm. 3b, México, 2012. [fecha de consulta: 01 de junio de 2014]. Disponible en: <http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-25barticulosPDF/1%20GARCIA-GUTIERREZ.pdf>

Gonzaga Aguilar Carlos, *Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la Cobertura Vegetal de la Zona centro de la Provincia de Loja, Ecuador*. Tesis que para obtener el título de Magister en Geomática. Asesora: M. Sc. Ing. Agr. Y Ftal. Miriam Presutti. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2014.

Higueras Arnal Antonio M. *Teoría y método de la Geografía. Introducción al análisis geográfico regional*. Universidad de Zaragoza, 2003.

INEGI a. *Censo de Población y vivienda*. México, 2010. [en línea] [fecha de consulta: 30 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

INEGI b. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. México, 2007. [en línea] [fecha de consulta: 30 de enero de 2015]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/>

INEGI y UNAM. *Geología de la República Mexicana*. México, 1990. [en línea] [fecha de consulta: 20 de enero de 2015]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1329/702825230968/702825230968_1.pdf

Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP). *Guía técnica para el área de influencia del campo experimental Valle de Culiacán*. SAGARPA, México, 2010. [en línea] [fecha de consulta: 25 de mayo de 2015]. Disponible en: <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00002961.pdf>

Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola, y Pecuaria (INIFAP). *Requerimientos nutrimentales de las principales variedades de papa en Sinaloa*. SAGARPA, México, 2014 [en línea] [fecha de consulta: 25 de mayo de 2015]. Disponible en: <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/31-hortalizas?download=112:demandas-nutricionales-de-las-principales-variedades-de-papa-producidas-en-sinaloa>

Instituto de Geografía de la UNAM. *Atlas Nacional de México*. México, 1992. [en línea] [fecha de consulta: 25 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/anm-1990-1992.php>

Instituto Geológico y Minero de España, *Degradación e inactivación de plaguicidas*. [en línea] [fecha de consulta: 22 de mayo de 2015]. disponible en: http://aguas.igme.es/igme/publica/libro28/pdf/lib28/3_degra.pdf

Klingebiel y Montgomery. *Clases de capacidad de uso del USDA*. Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Estados Unidos, 1961. [en línea] [fecha de consulta: 22 de mayo de 2015]. Disponible en: <https://docplayer.es/320597-Clases-de-capacidad-de-uso-del-usda.html>

Leandro Quintero, Filiberto. *Historia integral de la región del Río Fuerte*. Honorable ayuntamiento de El Fuerte, segunda edición. México, 2007.

López Falcón Roberto, *Degradación del suelo. Causas, procesos, evaluación e investigación*. [en línea] Centro interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela, 2002 [fecha de consulta: 01 de mayo de 2014], disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264311522_Degradacion_del_Suelo_causas_procesos_evaluacion_e_investigacion/link/53d85a490cf2e38c63317361/download

Martínez Domínguez, Gerardo Paolo. *Descontaminación de agua de lavado de suelo contaminado con plaguicidas mediante procesos avanzados de oxidación*. [en línea]. Tesis que para obtener el título de licenciado en Química. Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, 2010. [fecha de consulta: 31 de mayo de 2014]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqu/martinez_d_gp/

Mateo Rodríguez, José M. *La cuestión ambiental desde una visión sistémica*. Revista *Ideas Ambientales*. [en línea] Edición Núm. 2. Fortaleza, noviembre 2 de 2005 [fecha de consulta: 10 de marzo de 2014], disponible en: https://www.academia.edu/15784581/LA_CUESTI%C3%93N_AMBIENTAL_DE_SDE_UNA_VISI%C3%93N_SIST%C3%89MICA

Maya, Carlos y López, Lydia. *El nodo de distribución en la cadena hortícola de valor México–Estados Unidos: El caso de las exportaciones sinaloenses de productos frescos*. Colegio de Sonora. México, 2009. Región y sociedad volumen XXI. No. 46. [en línea] [fecha de consulta: 2 de febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10212161004>

Padilla y Sotelo, Lilia, Juárez Gutiérrez María del Carmen. *Medio ambiente, sociedad y salud en cuatro ciudades portuarias de México. Ensenada, Mansanillo, Altamira y Veracruz*. Instituto de Geografía, UNAM. México D.F. 2013.

Paez Ruiz, Ámbar. *Sistema económico-regional, del distrito de riego Río Fuerte, Sinaloa*. Tesis que para obtener el título de licenciado en Geografía. Asesor: José María Casado Izquierdo. UNAM. México, D.F. 2011.

Red Mayor del Valle del Fuerte. *Información obtenida de la página oficial de RMVF y corroborada en campo de las oficinas de la misma institución*. México 2015. [en línea] [fecha de consulta: 1 de febrero de 2015]. Disponible en: <https://redvalledelfuerte.org/>

Red Mayor del Valle del Fuerte. *La red del valle del fuerte*. México, 2019 [Página oficial de la Red del Valle del Fuerte]. Disponible en: <http://redvalledelfuerte.org/localizacion/presas-y-derivadoras/>

Sánchez Montoya, René O. *Implementación del Proyecto Reducción de Exposición Laboral por el Uso y Manejo de Plaguicidas en el Estado de Sinaloa*. Servicios de Salud de Sinaloa. México, s/f. [en línea] [fecha de consulta: 30 de enero de 2015]. Disponible en: <http://189.254.115.246/RevistaRED/portada2006mABRIL/Plaguicidas%20Coor ec%20Yaz.doc>

SEMARNAT. *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes*. [en línea] [fecha de consulta: 08 de junio de 2014]. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convenio-de-estocolmo>

SEMARNAT. *Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo*. [en línea], México, 2007. [fecha de consulta: 06 de junio de 2014]. Disponible en: <http://cristinacortinas.org/sustentabilidad/download/libros/PNI-DE-IMPLEMENTACION-PLAN-NACIONAL-DEL-CONVENIO-DE-ESTOCOLMO.pdf>

Soms García, Esteban. *Apuntes metodológicos para la elaboración de estrategias y planes regionales, Documento 1. Conceptos básicos* [en línea] [fecha de consulta: 06 de junio de 2015]. Disponible en: <https://docplayer.es/7388218-Apuntes-metodologicos-para-la-elaboracion-de-estrategias-y-planes-regionales-esteban-soms-garcia.html>

Velázquez Quesada, Susana Isabel. *La racionalidad fabril al campo. El desarrollo del objeto técnico plaguicida y su contribución a la subsunción material del espacio agrícola de México*. Tesis que para obtener el título de licenciado en Geografía. Asesora: María de los Ángeles Pensado Leglise. UNAM. México, D.F. 2011.

Yarto Mario, et. al. *El convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México*. [en línea]. Gaceta Ecológica, num. 69, octubre-noviembre, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 2003. [fecha de consulta: 08 de junio de 2014]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53906901.pdf>