UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



IMPACTO ANTROPOGÉNICO EN LA REGIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN "EL TOKIO", EN EL ALTIPLANO MEXICANO

TESIS DE MAESTRÍA

Que como requisito parcial para optar al título de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

ING. MARITZA GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ

Linares, N. L., México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



IMPACTO ANTROPOGÉNICO EN LA REGIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN "EL TOKIO", EN EL ALTIPLANO MEXICANO

TESIS DE MAESTRÍA

Que como requisito parcial para optar al título de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

ING. MARITZA GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ

Linares, N. L., México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

IMPACTO ANTROPOGÉNICO EN LA REGIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN "EL TOKIO", EN EL ALTIPLANO MEXICANO

TESIS DE MAESTRÍA

Que como requisito parcial para optar al título de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

ING. MARITZA GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ

COMITÉ DE TESIS

DRA. MARISELA PANDO MORENO

Directora

DRA LAURA M SCOTT MORALES

Asesor

DR. HUMBERTO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

Asesor

Linares, N. L., México

Declaro que la presente investigación es original, y se desarrolló para obtener el título de Maestro en Ciencias Forestales; donde se utiliza información de otros autores, se otorgan los créditos correspondientes.

ING. MARITZA GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ

DEDICATORIA

A Dios, por hacerse presente con su infinito amor en cada momento de mi vida.

A mis padres:

Rosa Obdulia Gutiérrez Arellano y Pedro Gutiérrez Flores

Por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica y personal.

A mi hermana Iris y a mis sobrinos Iris Jared, Karla Rossana y Edgar Abraham, por formar parte de mi vida, los quiero mucho.

A mi esposo Víctor por ser el pilar que me ha permitido mantenerme en pié, quien con su amor incondicional me anima a seguir adelante, gracias por todo tu apoyo y comprensión, te amo.

A la pequeña gran parte de mí, mi mayor hazaña, mi gran amor, mi dulce melodía... mi Victoria Odette.

A ustedes les dedico mi trabajo de todo corazón.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi amiga la Dra. Marisela Pando Moreno por su excelente asesoría y por los atinados comentarios y sugerencias durante el tiempo de realización de la tesis. Gracias por la paciencia y la confianza que en mi depositaste.

A la Dra. Laura M. Scott Morales y al Dr. Humberto González Rodríguez, por el tiempo dedicado a la revisión del escrito final de la presente investigación, así como por hacer las observaciones correspondientes a fin de mejorarlo.

Al Comité para el Fomento y Protección Pecuaria de Nuevo León, A. C., en especial al Ing. José G. Muraira Gutiérrez, Dr. Alberto Morales Loredo, MC Miriam Montante Leal, por las facilidades brindadas para la realización de los análisis de suelo correspondientes a la determinación de contaminantes, en el Laboratorio de Residuos Tóxicos y Contaminantes del Laboratorio Central Regional de Monterrey.

Al Ing. Jorge Villarreal González y al Ing. Isaías Galván por su amistad y su importante apoyo para llevar a cabo la presente investigación, así como por estar siempre al pendiente de los avances en la misma.

A la LQI Isaura Ávila Villarreal por su valiosa amistad y por guiarme durante la realización de los análisis de laboratorio. De igual manera agradezco al LQI Mario Alberto Morales Hernández por su sincera amistad y por apoyarme durante la estancia en el laboratorio de residuos tóxicos.

A todo el personal de Residuos Tóxicos por acogerme como parte del equipo y hacer de mi estancia en el laboratorio una grata experiencia inolvidable; así como al equipo de absorción atómica por apoyarme durante las pruebas de extracción por microondas.

A Joel Bravo Garza, Alfredo Ortega Guerra y Mario A. Serra por apoyarme en las salidas a campo y por trabajar con tanto empeño; así mismo agradezco a Inés Yáñez Díaz por su ayuda en la elaboración de los análisis para la caracterización del suelo, necesarios en esta investigación y a Mario A. García Aranda por el apoyo en la obtención de las imágenes de satélite empleadas es el presente trabajo.

A mis amigos y compañeros de la maestría, por todos los agradables momentos que hemos pasado juntos, gracias por su apoyo y por su amistad.

A los miembros del Grupo Ecosistemas del Altiplano, perteneciente a la Red Mexicana de Investigación Ecológica a Largo Plazo (Mex-LTER) del cual formo parte, por el apoyo recibido durante la presente investigación.

A todos los profesores, quienes durante los dos años de la maestría fueron parte de mi formación académica y al personal de la Facultad de Ciencias Forestales por las atenciones brindadas.

Quiero agradecer de manera especial al CONACYT, por el apoyo económico brindado durante los dos años del programa de maestría. Así mismo, agradezco al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT) de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el financiamiento de esta investigación dentro del proyecto registrado bajo la clave CT1374-06.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
HIPÓTESIS	6
OBJETIVOS	6
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	
1.1 CAMBIO DE USO DE SUELO	
1.2 CONTAMINACIÓN POR AGROQUÍMICOS	
1.2.1 Plaguicidas Organofosforados/Organofosfatos	25
1.2.2 Paratión Metílico	
CAPÍTULO II: ÁREA DE ESTUDIO	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	36
3.1 CAMBIO DE USO DE SUELO	36
3.2 CONTAMINACIÓN POR AGROQUÍMICOS	37
3.2.1 Identificación de Plaguicidas	37
3.2.2 Toma de Muestras y Análisis de Suelo	<i>38</i>
CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 CAMBIO DE USO DE SUELO	44
4.2 CONTAMINACIÓN POR AGROQUÍMICOS	59
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
LITERATURA CITADA	70
ANEWOC	02

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 Persistencia en suelo de algunos plaguicidas (Brady y Weil, 2002). 17
FIGURA 1.2 Flujo de agroquímicos en el ecosistema (Cremlyn, 1990; tomado de
Lara, 2008)
FIGURA 1.3 Contenedores de agroquímicos desechados en un área al aire libre,
sin las debidas precauciones21
FIGURA 1.4 Estructura química del paratión metílico (US NLM, 2008)26
FIGURA 2.1 Ubicación del área de estudio, ejido "El Tokio"31
FIGURA 3.1 Esquematización de la ubicación de los puntos de muestreo39
FIGURA 3.2 Cromatograma del nivel 3 de la curva externa40
FIGURA 4.1 Imagen landsat mss (4,2,1) con la delimitación del área de estudio y
de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 197645
FIGURA 4.2 Imagen landsat tm (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas
en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 1990
FIGURA 4.3 Imagen landsat tm (4,3,2) de 1990, con la delimitación de las áreas
agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 1976 y 199047
FIGURA 4.4 Imagen landsat etm (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas
en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2001
FIGURA 4.5 Áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" para el año de 200150
FIGURA 4.6 Imagen landsat etm (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas
en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2001 y áreas de traslape con años
anteriores51
FIGURA 4.7 Imagen landsat 5tm (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas
en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2006

CUADRO 4.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS
CROMATOGRÁFICO PARA LAS MUESTRAS DE SUELO DE LA
ÍNEA 3, EN EL SITIO SELECCIONADO60
CUADRO 4.4 DENSIDAD APARENTE (GR CM ⁻³) DEL SUELO
PARA CADA PUNTO EN EL SITIO DE MUESTREO
ELECCIONADO62
CUADRO 4.5 TEXTURA DE SUELO, MATERIA ORGÁNICA, PH
Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA PARA CADA PUNTO
1UESTREADO63

IMPACTO ANTROPOGÉNICO EN LA REGIÓN PRIORITARIA PARA LA CONSERVACIÓN "EL TOKIO", EN EL ALTIPLANO MEXICANO

RESUMEN

El constante crecimiento de la población humana, el aumento de sus necesidades y la evolución de las actividades realizadas, han traído consigo un aumento en la presión sobre los recursos naturales. El creciente cambio de uso de suelo y el empleo de agroquímicos en la producción de alimento para el ser humano son prácticas comunes. Esta situación trae consigo la degradación de los ecosistemas, los cuales se ven fragmentados y amenazados por la extensión de la superficie agrícola y el uso excesivo de agroquímicos. El ejido El Tokio, inmerso en la Región Prioritaria de Conservación del mismo nombre, se caracteriza por ser el hábitat de diversas especies de flora y fauna catalogadas dentro de algún estatus de conservación. A pesar de la importancia ecológica que esto le confiere al área, existe un deterioro de este ecosistema, lo cual queda demostrado en el presente trabajo por la continua apertura de áreas agrícolas y el aumento en la superficie dedicada a esta actividad, lo que trae consigo la disminución de los pastizales naturales. Mediante el uso de imágenes de satélite se determinó la superficie de pastizal desmontado con fines agrícolas para los periodos 1976-1990, 1990-2001 y 2001- 2006, en el ejido El Tokio. De 1976 a 2006, el ejido perdió el 58% (1027.37 ha) de la superficie total de pastizal natural. La evaluación de la contaminación de suelo por Paratión Metílico, se realizó mediante cromatografía de gases, obteniendo resultados negativos en cuanto a la presencia de dicho pesticida como contaminante en el suelo del área de estudio.

Palabras clave: GC, suelo, cambio de uso de suelo, contaminación, paratión metílico.

ANTROPOGENIC IMPACT WITHIN THE PRIORITY CONSERVATION REGION "EL TOKIO" IN THE MEXICAN PLATEAU

ABSTRACT

The increasing growth of human population and their needs, in conjunction with the way their activities have evolved, have entailed a higher pressure on the natural resources. Land use changes and the use of agrochemicals for human food production are a constant and common practice today. This situation brings about degradation of ecosystems, which are now fragmented and threaten due to the expansion of agricultural lands and abuse of agrochemicals. The ejido "El Tokio" located within the Priority Conservation Region (named the same), comprises the habitat for several species of flora and fauna that have been catalogued in some status of conservation. In spite of the ecological relevance that this fact confers to the area, there is an evident deterioration of this ecosystem as it is demonstrated in the present study by the continuous clearing of the native grasslands for agriculture and the increased area used for this activity. Satellite images were used to determine the extension of native grasslands cleared from 1976-1990, 1990-2001 and 2001-2006 in the ejido. From 1976 to 2006, the ejido lost 58% (1027.37 ha) of their native grasslands. Evaluation of soil contamination by Methyl Parathion was carried out by gas chromatography and results showed no presence of the pesticide as contaminant of the soil in the study area.

Key words: GC, soil, land use changes, contamination, methyl parathion.

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población humana, el aumento de sus necesidades y la evolución de las actividades realizadas, han traído consigo un aumento en la presión sobre los recursos naturales.

Las actividades humanas realizadas con el fin de satisfacer requerimientos, afectan al ambiente de distintas maneras, por ejemplo, los proyectos de ingeniería agrícola afectan el medio debido a la remoción de la vegetación natural para su establecimiento y con ello la disminución de hábitat para las especies que de ésta dependen; así mismo, cuando se practica la agricultura altamente tecnificada, no solo se disminuye la superficie ocupada por la vegetación natural, sino que además el riego suministrado puede ocasionar exceso de sales en la superficie del suelo, de igual manera se adicionan grandes cantidades de agroquímicos con el fin de elevar la producción, provocando contaminación de suelo y agua lo que conlleva a la degradación del ecosistema.

Las formaciones vegetales tienen diversas funciones ecológicas tales como: la protección y regulación de los recursos hídricos, control de erosión y provisión de hábitat para la fauna. La fisonomía de una formación vegetal no tiene que ver con su importancia ecológica, una vegetación desértica puede tener poca diversidad de especies comparada con la diversidad de especies en un bosque tropical, pero puede albergar especies raras o en extinción, además de poseer especies endémicas, de manera que si el ambiente fuese alterado, estas especies correrían riesgo (Sánchez, 2000).

La Región Terrestre Prioritaria (RTP) "El Tokio", dentro de la cual se ubica el área de estudio del presente trabajo, es un área de suma importancia debido a que en ella

existen especies de flora y fauna que han sido decretadas bajo algún estatus de protección, ya sea por ser endémicas, encontrarse amenazadas o en peligro de extinción. Tal es el caso de *Cynomys mexicanus* (perro llanero), *Taxidea taxus* (tejón o tlalcoyote) y *Vulpes velox* (zorra del desierto); así mismo ofrece lugares de anidación para *Aquila chrysaetos* (águila real). También dentro de la flora del lugar existen endemismos, como *Frankenia gypsophila*, *Bouteloua chasei*, *Dicranocarpus* sp. y *Nerisyrenia* sp. (CONABIO, 2008).

El principal criterio para la conservación de esta región es el hecho de que en ella existen las últimas colonias de *Cynomys mexicanus* Merriam (perro llanero), en donde se encuentra la mayor concentración de individuos de esta especie. Aunado a lo anterior, se han considerado otros aspectos importantes en esta región, para que la misma sea catalogada como prioritaria para su conservación, tales como: integridad ecológica funcional, función como corredor biológico, riqueza específica, función como centro de origen y diversificación natural, así como la concentración de especies en riesgo (*op cit.*).

En el área de estudio -ejido El Tokio- el cambio de vegetación nativa a tierras agrícolas es evidente, sin embargo, la dimensión y la dinámica de esta actividad no han sido cuantificadas; debido a esto el presente estudio cobra gran importancia ya que se consideran estos puntos al realizar una cuantificación multitemporal de la actividad agrícola en el lugar, utilizando para ello imágenes de satélite.

Las principales actividades económicas llevadas a cabo en dicho lugar son: la renta de tierras a grandes productores (para la producción de papa) y la agricultura a menor escala. Esta situación trae consigo la sobre utilización del recurso suelo y por ende su degradación, provocada principalmente por la fuerte aplicación de sustancias

químicas utilizadas con el fin de sostener la producción agrícola (monocultivos, principalmente papa). La sobre utilización de estos químicos puede ocasionar daños al suelo, a la vegetación, a la fauna y afectar a su vez la salud y la calidad de vida de los pobladores.

El empleo de agroquímicos en la producción de alimentos para el ser humano es de uso común, y en ocasiones son utilizados de manera excesiva con el fin de obtener grandes rendimientos en espacios relativamente menores a los que, sin insumos de este tipo, proveería el sistema naturalmente. Contaminación se define como el conjunto de efectos que alteran la pureza del aire, del agua o del suelo (Enciclopedia Hispánica, 1999), de manera que los agroquímicos aplicados en la producción agrícola pueden ser considerados como contaminantes.

Muchas de las áreas de cultivo, en esta región, se han establecido cerca, o en colonias de perro llanero (especie catalogada en peligro de extinción) y algunos de los plaguicidas aplicados en las mismas son reportados por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, WHO), dentro de la clase I de toxicidad, indicando con ello la peligrosidad de los mismos (IPCS, 2002). De ahí, la importancia de determinar, además de la superficie que se destina a la agricultura, si las zonas aledañas a áreas agrícolas se encuentran contaminadas por los plaguicidas utilizados en dicho lugar, ya que ésta pudiera ser una causa más que estuviese afectando la salud y la persistencia de la especie.

HIPÓTESIS

- 1) Ha: Las áreas de pastizal han sido impactadas debido a la apertura de tierras para la agricultura en el área de estudio.
- 2) Ha: Los suelos aledaños a las áreas agrícolas presentan contaminación por los plaguicidas aplicados a éstas.

OBJETIVOS

- Cuantificar la superficie de pastizal que ha sido desmontada con fines agrícolas en las últimas cuatro décadas y analizar la dinámica que han tenido estos cambios en el uso de suelo de una década a otra.
- 2) Determinar los contaminantes agrícolas presentes, así como las concentraciones de éstos a diferentes profundidades en zonas aledañas a áreas agrícolas, en el área de estudio.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 CAMBIO DE USO DE SUELO

La destrucción de hábitats es una de las consecuencias de muchas acciones humanas, como la agricultura, urbanización, construcción de represas, carreteras, minería, entre otras. La reducción y fragmentación de hábitats se encuentran dentro de las principales causas de la declinación de poblaciones de un gran número de especies y, también, de la reducción de la biodiversidad (Sánchez, 2000).

El cambio de uso de suelo y la contaminación se encuentran entre los motores de cambio global que acentúan, mediante interacciones, el cambio climático acelerado, lo que trae consigo afectaciones directas e indirectas a los diferentes ecosistemas del planeta (Valladares *et al.*, 2005). Estos autores enfatizan también que los ecosistemas que se ven más afectados son aquellos que se encuentran en su límite ecológico o geográfico, señalando como ejemplo ciertas formaciones de zonas áridas.

Bustamante y Grez (1995), en su estudio sobre consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos, señalan como una consecuencia directa de la fragmentación, los cambios en la abundancia y composición de especies. De igual manera Santos y Tellería (2006), consideran a la pérdida y fragmentación del hábitat como una de las principales causas de la crisis de diversidad biológica que se presenta en la actualidad.

De acuerdo a Aguilar *et al.* (2008), la estructura de los ecosistemas, así como su funcionamiento son afectados negativamente debido a la reducción de la cubierta vegetal, ocasionando alteraciones en los ciclos hídricos y los regímenes de temperatura y

precipitación, lo que provoca, entre otras cosas, pérdida de agua y fragmentación de hábitats. Además la deforestación causa pérdida de biodiversidad desde el punto de vista genético, de poblaciones e incluso a nivel de ecosistemas.

Alrededor de un 30 a un 50 porciento de la superficie de la tierra ha sido modificada por el ser humano y, a la fecha, la gran mayoría de los ecosistemas terrestres presentan un cierto nivel de degradación o alteración atribuible a las actividades humanas. Sin embargo, la medida de la transformación de la tierra de manera global es desafiante, ya los cambios pueden ser medidos más o menos de modo fiel en un sitio determinando, pero resulta complicado manejar estos cambios de modo regional o global (Vitousek *et al.*, 1997).

El conocimiento de la variación espacial de un ecosistema provee un mejor entendimiento de los procesos ecológicos en diferentes escalas, detectando estas variaciones en ecosistemas de pastizal, se pueden determinar mejores opciones de manejo; lo anterior puede lograrse mediante el uso de percepción remota con imágenes de satélite a escalas adecuadas al tipo de variantes que se desee estudiar (Yuhong *et al.*, 2007).

El monitoreo de las conversiones de cobertura de suelo, ya sea por expansión agrícola o deforestación, pueden llevarse a cabo mediante la comparación de mapas de cobertura de suelo sucesivos, derivados de la clasificación de datos provenientes de sensores remotos o por inspecciones en campo (Lambin, 1999).

Las imágenes de satélite son producidas por análisis digital de datos obtenidos por escaners multiespectrales. Las imágenes son usualmente mejoradas por computadora para resaltar la característica del terreno que nos interesa evaluar (Brady y Weil, 2002),

por lo que se utilizaron como herramienta en la presente investigación para la cuantificación del cambio de uso de suelo en el área de estudio.

Se han realizado muchos trabajos utilizando imágenes de satélite para caracterizar el uso de suelo y determinar los cambios en el uso del mismo con los respectivos efectos que ocasionan (Kerr y Chilar, 2003; Kerr y Deguise, 2004; Khawlie *et al.*, 2005; Jepson, 2005; Emch *et al.*, 2005; Kettle *et al.*, 2007; Raines *et al.*, 2008; Forrest *et al.*, 2008; Aragón y Oesterheld, 2008).

Así mismo se han llevado a cabo trabajos de investigación para determinar el proceso de la fragmentación y los efectos de ésta sobre los ecosistemas (Skole y Tucker, 1993; Cayuela, 2006; Altamirano *et al.*, 2007), en dichos estudios se destaca el uso de imágenes de satélite, herramienta empleada en el presente estudio.

Aguilar *et al.* (2008), evaluaron los cambios en la cobertura de la vegetación y estimaron tasas de deforestación, es decir, cambios en la cobertura vegetal original por áreas agrícolas, pecuarias o forestales, ocurridos en un periodo de 20 años (1973-1993), utilizando mapas digitales de uso del suelo y vegetación para las fechas indicadas. En el estudio se reporta al estado de Nuevo León con una tasa de deforestación entre 0.2 y 0.5%. Además se indica que en el Noreste del país (Tamaulipas y Nuevo León), se presentan las zonas áridas más afectadas por fragmentación.

Las actividades humanas afectan al suelo de diferentes maneras: exceso de nutrientes al aplicar grandes cantidades fertilizantes al suelo, más de lo que el cultivo puede aprovechar; salinización, por el uso de riego de manera inadecuada en los cultivos; plaguicidas, uso de sustancias químicas para intensificar los sistemas agrícolas

con efectos adversos en la calidad del suelo; pérdida de diversidad, debido a los sistemas de monocultivo, entre otros (Brady y Weil, 2002).

En México, entre los años de 1973-1993 las áreas dedicadas a actividades agropecuarias tuvieron un incremento de 6'281,000 ha, haciendo evidente la necesidad de frenar el cambio de uso de suelo por expansión de la agricultura y ganadería (Aguilar *et al.*, 2008).

Los pastizales del noreste de México enfrentan una rápida transformación a terrenos de agricultura de riego, lo que constituye una gran amenaza a estos ecosistemas (ABC, 2005; McCready *et al.*, 2005). Este tipo de aprovechamiento resulta ecológica y económicamente insostenible a mediano o largo plazo, debido, parcialmente, a que las áreas agrícolas son irrigadas con aguas altamente mineralizadas, lo que conlleva a la salinización o sodificación del suelo después de sólo dos a siete años de producción. La degradación del suelo tras varios años de agricultura es tan severa que hace casi imposible la restauración de estas áreas como hábitat de pastizal saludable (ABC, 2005).

La distribución geográfica del perro llanero (*Cynomys mexicanus* Merriam), sufrió una reducción del 33% de 1996 a 1999, quedando un total de 234 km² de superficie ocupada por esta especie en el estado de Nuevo León, para la última fecha mencionada. Entre las causas que han llevado a esta reducción se encuentra el cambio de uso de suelo que se ha realizado en las áreas de distribución original de la especie (Scott-Morales *et al.*, 2004).

Los pastizales del área de estudio son considerados como corredor importante para aves migratorias que se encuentran citadas en la NOM-059-ECOL-2001, tales como: Águila Real (*Aquila chrysaetos*) y Aguililla Real (*Buteo regalis*). Otras aves

migratorias también dependen de estas áreas: Chorlo Llanero (*Charadrius montanus*), Zarapito Pico Largo (*Numenius americanus*), Lechuza Pocera (*Athene cunicularia*) y diversos gorriones. Aunado a lo anterior, la zona constituye un área de descanso para la Mariposa Monarca (*Danaus plexipus*) (PNE y TNC, 2007).

Se han llevado a cabo trabajos en la región que demuestran el deterioro y la baja producción de los pastizales halófitos en Nuevo León. En éstos se señala el deterioro del ecosistema en función de un importante cambio en estructura y fisonomía del paisaje, las cuales están dadas por la presencia de malezas ruderales, arvenses y elementos tóxicos (Scott-Morales y Estrada, 1999; Yen, 2006; Scott-Morales *et al.*, 2006).

Debido a la importancia de este ecosistema PRONATURA NORESTE y The Nature Conservancy (PNE y TNC, 2007), desarrollaron un Plan de conservación de los pastizales del Altiplano Mexicano 2006 – 2010: Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas durante el año 2005, en el cual eligieron tres objetos de conservación: el perrito llanero (*Cynomys mexicanus*), el gorrión de worthen (*Spizella wortheni*) y los pastizales halófilos y gypsófilos presentes en el sitio. En el trabajo realizado se encontró que el estado de salud del área es regular, lo que indica que el ecosistema no es saludable y si no se interviene a tiempo su deterioro ocasionará la pérdida de biodiversidad que caracteriza el lugar.

Wilson (1985), indica que si el área de un hábitat es reducida a un décimo de su extensión original, el número de especies que podrán persistir en dicha área caerá a la mitad. Esto indica la importancia de la conservación del hábitat para la conservación de las especies que en éste se encuentran. Lo anterior cobra gran importancia si además en éstos hábitats se encuentran especies endémicas o en cierta categoría de conservación, como lo es para el caso del área de estudio.

Scharlemann *et al.* (2004), realizaron un análisis global sobre la tendiente expansión de la agricultura en áreas con alto valor de conservación, abarcando desde 1700 a la fecha y haciendo una proyección para el 2050. Dicha predicción la llevaron a cabo bajo cuatro escenarios en los que consideran diferentes prioridades; los resultados de su estudio demuestran la intersección, histórica, presente y futura, de las áreas agrícolas con áreas de alto valor de conservación por albergar especies de aves endémicas. El programa utilizado (IMAGE 2.2: Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect), muestra que el escenario "desarrollo de políticas" presenta un importante potencial para evitar o enfatizar el impacto a futuro de la agricultura sobre dichas áreas de interés.

Debido a la concentración de especies en riesgo (zorra del desierto, tlalcoyote y algunas plantas) y a la presión sobre especies clave (perritos de las praderas) la Región Terrestre Prioritaria (RTP) "El Tokio" es considerada como un área de alto valor de conservación. En la RTP "El Tokio", dentro de la cual se ubica el área de estudio del presente trabajo, se presentan diversas problemáticas, entre las principales se encuentran el avance de la frontera agrícola y del pastoreo, salinización de suelos y cambios en el uso de éste para el cultivo de papa y alfalfa. (CONABIO, 2008).

Guadarrama (2002b), reporta que en el área de estudio, la principal amenaza para la vegetación de pastizal presente, es la agricultura practicada en dicha zona. De igual manera McCready *et al.* (2005) ven como causa de deterioro de los pastizales de la región, el uso de prácticas agrícolas inapropiadas, por lo que trabajan en conjunto con PRONATURA noreste A.C. brindando asistencia técnica y financiera para proyectos tales como identificación y protección de áreas clave en la región del Tokio.

PNE y TNC (2007), consideran de importancia alta el generar un documento con el análisis de la distribución del pastizal a través del tiempo, considerando la fragmentación del lugar, utilizando para ello imágenes de satélite; destacando este mismo punto como una necesidad de investigación; así mismo, consideran de importancia media el generar alternativas económicas para evitar la apertura agrícola en áreas de perrito llanero, así como la correcta aplicación de agroquímicos. Indican así mismo que, de acuerdo al análisis de amenazas realizado, el área de estudio presenta un nivel "muy alto", lo que implica el riesgo de la permanencia e integridad de la riqueza natural de la región. Entre las amenazas se consideran: la conversión a agricultura y prácticas agrícolas (uso de agroquímicos), siendo la primera la principal amenaza para la biodiversidad del sitio, ya que cuando un área ha sido convertida a la agricultura, la recuperación de la misma es lenta. Aunado a lo anterior, el cultivo de papa presenta la necesidad de rotación, promoviendo los desmontes y el cambio a nuevas tierras después de cuatro a cinco años de uso, dejando las áreas abandonadas con plaguicidas y plagas resistentes.

Milder et al. (2008), compararon proyectos de desarrollo limitado y conservación con desarrollos urbanos convencionales a fin de medir el éxito de los primeros en cuanto a la conservación de los ecosistemas, dichos proyectos protegieron y manejaron recursos naturales amenazados incluyendo comunidades y especies raras. Markovchick-Nicholls et al. (2008), indican que el mantenimiento de fragmentos de hábitat adyacentes a áreas urbanas benefician a la conservación de algunas especies animales a pesar de las perturbaciones y actividades humanas, siempre y cuando el tamaño del fragmento sea grande.

La conservación requiere de alianzas entre conservacionistas, dueños de las tierras y manejadores. Los investigadores proponen una agenda de acción urgente para

guiar a la conservación en áreas agrícolas y así frenar la pérdida de diversidad biológica, considerando el entorno socioeconómico, legal y las condiciones políticas necesarias para la implementación de un plan de acción exitoso. Se debe trabajar con los propietarios para identificar la manera de realizar una agricultura sustentable así como llevar a cabo la conservación, identificar y mitigar las amenazas importantes a la biodiversidad, conservar hábitats nativos remanentes en la matriz agrícola, proteger, diversificar y establecer un manejo sustentable, promover y conservar prácticas agrícolas basadas en técnicas indígenas, tradicionales y ecológicas, así como restaurar áreas degradadas e improductivas, a través de reforestaciones, regeneración natural y plantaciones (Harvey *et al.*, 2008).

Una medida de conservación que ha demostrado ser efectiva desde el punto de vista social y ecológico, son las denominadas servidumbres de conservación, es decir, la compra de tierras o las compensaciones dadas a los dueños de áreas con importancia de conservación para que mediante este pago mantengan en buen estado y lo menos perturbado posible la vegetación natural, de manera que el pago que se les entrega compense en cierta medida lo que dejan de ganar por no trabajar la tierra (Wallace *et al.*, 2008).

1.2 CONTAMINACIÓN POR AGROQUÍMICOS

Los cultivos que anteriormente se han establecido en el área de estudio son el maíz, frijol, trigo, avena y alfalfa, mismos que han sido desplazados por el cultivo de papa. En la década de los 80's la papa llegó a ser el principal cultivo presentando una producción de hasta 60 toneladas por hectárea. Para el 2005 el 80% de los habitantes del área, se dedicaban o estaban relacionados con la agricultura tecnificada; desafortunadamente el rápido deterioro al que se ve sometido el ecosistema hace que los beneficios sean insostenibles, ya que la aplicación de agroquímicos en grandes

cantidades y el agua de riego de mala calidad ocasionan salinización y empobrecimiento del suelo (PNE y TNC, 2007).

El cultivo de papa se introdujo en el ejido "El Tokio" en el año de 1973, con el posterior incremento de la superficie dedicada a este cultivo desde principios de los 80's. Poco a poco la agricultura tecnificada y de grandes dimensiones se abrió paso sobre el cultivo diversificado de grano (maíz, frijol, trigo, avena, etc.) y de alfalfa para forraje. Se considera que la agricultura practicada en esta área pudiera ser uno de los factores principales de deterioro del altiplano mexicano (Guadarrama, 2002a), debido no solo a la extensa superficie abierta cada año a la agricultura, sino a la gran cantidad de agroquímicos que se utiliza en la región para el cultivo de la papa.

Si bien existen compuestos xenobióticos que son relativamente inertes e inofensivos, otros son biológicamente dañinos aún en pequeñas concentraciones. Cuando estos se encuentran dentro del suelo inhiben o matan a organismos del suelo, mermando el balance de la comunidad. Otros químicos son transportados del suelo al aire, agua o vegetación, donde pueden entrar en contacto, ser inhalados o ingeridos por cualquier cantidad de organismos, incluyendo al ser humano (Brady y Weil, 2002).

Los químicos orgánicos pueden entrar al suelo como contaminantes, aplicados como spray para el control de plagas en ecosistemas terrestres. Los plaguicidas son probablemente los contaminantes orgánicos más extendidos asociados con suelos. Alrededor de 600 químicos en aproximadamente 50,000 formulaciones son usadas extensivamente para el control de plagas en todo el mundo (*op cit.*). Los pesticidas plantean un problema crucial debido a que estos químicos se aplican a los cultivos del sector agrícola, lo que constituye una fuente de contaminación de suelo (Bonnieux *et al.*, 1998).

Los plaguicidas son clasificados comúnmente de acuerdo al grupo de organismos plaga que combaten: insecticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas y nematicidas. Los plaguicidas organfosforados son generalmente biodegradables y así es menos probable su acumulación en suelo y agua. No obstante, son extremadamente tóxicos para los humanos, por lo que se deben manipular y aplicar con mucho cuidado (Brady y Weil, 2002).

Los insecticidas organofosforados están sujetos a hidrólisis y a la subsecuente degradación, por ejemplo, el Paratión es degradado en el suelo aparentemente por una variedad de organismos. Por ello las cantidades que se llegan a detectar de los mismos, suele ser pequeña; los niveles máximos de un organofosforado (Malatión) encontrados en agua subterránea de suelos agrícolas es de 53 ppb, con niveles medios de 42 ppb. Siendo 200 ppb la concentración que resulta dañina para la salud (*op cit.*).

La persistencia de químicos en el suelo es el resultado neto de todas sus reacciones, movimientos y degradación. Por ejemplo, los insecticidas organofosforados se encuentran en el suelo solo por algunos días. El Paratión baja su concentración en aproximadamente 10 días pero se mantiene en bajas concentraciones por más tiempo (Figura 1.1) (*op cit.*).

Los compuestos organofosforados, como el analizado en el presente trabajo (Paratión Metílico), tienen una persistencia en el suelo que va de 1 a 12 semanas (Cuadro 1.1).

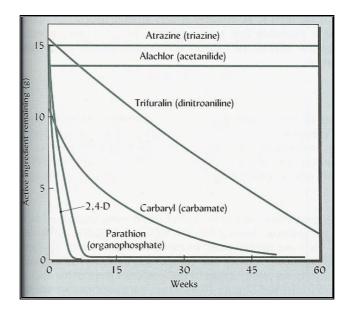


Figura 1.1.- Persistencia en suelo de algunos plaguicidas (Brady y Weil, 2002).

Cuadro 1.1.- Rangos comunes de persistencia de algunos compuestos orgánicos (Brady y Weil, 2002).

Compuesto orgánico	Persistencia en suelo
Insecticidas de Hidrocarburo Clorado (ej., DDT, clordano y dieldrin)	3-20 años
Bifenilos Policlorados (PCBs)	2-10 años
Herbicidas Triazina (ej., atrazina y simazina)	1-2 años
Herbicida Glifosato	6-20 meses
Herbicidas Ácido Benzóico (ej., amiben y dicamba)	2-12 meses
Herbicidas Urea (ej., monuron y diuron)	2-10 meses
Vinil Clorado	1-5 meses
Herbicidas Fenoxy (2,4-D y 2,4,5-T)	1-5 meses
Insecticidas Organofosfatos (ej., malatión y diazinón)	1-12 sem.
Insecticidas Carbamatos	1-8 sem.
Herbicidas Carbamatos (ej., barban y CIPC)	2-8 sem.

Stoate *et al.* (2001) en su estudio sobre los impactos ecológicos de la intensificación de los cultivos en Europa indican que los suelos se deterioran como resultado de la erosión, compactación, pérdida de materia orgánica y contaminación por plaguicidas.

La Figura 1.2 muestra las diferentes vías que toman los agroquímicos al ser aplicados en el ecosistema.

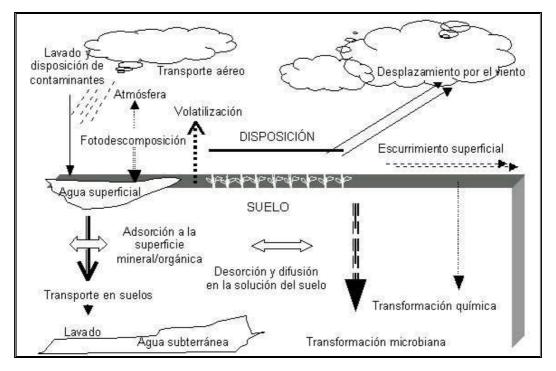


Figura 1.2.- Flujo de agroquímicos en el ecosistema (Cremlyn, 1990; Tomado de Lara, 2008).

El interés acerca de la residualidad de agroquímicos en el suelo, con sus consecuentes efectos en el ecosistema, ha dirigido los esfuerzos de investigación en esta dirección, tal es el caso del estudio realizado por Castillo *et al.*, (2004) en el cual

analizaron la persistencia y movilidad de un pesticida del grupo de los carbamatos (Carbofuran) en columnas de suelo, encontrando una movilidad importante del pesticida a través de las diferentes profundidades muestreadas a lo largo del tiempo del experimento.

Gonçalves y Alpendurada (2005), evaluaron la contaminación de suelo por plaguicidas (insecticidas organoclorados, organofosforados y piretroides; herbicidas triazina y acetanilida, entre otros) en áreas hortícolas intensivas, utilizando para ello extracción por ultrasonido así como cromatografía de gases y espectrometría de masas, se investigaron tres profundidades en diferentes tipos de suelo y tipos de cultivo, para evaluar la influencia de las características del suelo y las tendencias en tiempo. Entre los resultados obtenidos, destaca la detección de los siguientes plaguicidas: lindano, dieldrin, endosulfan, endosulfan sulfato, 4,4'-DDE, 4,4'-DDD, atrazina, disetilatrazina, alaclor, clorpirifos, pendimetalina, procimidona y clorfenvinfos, dimetoato; siendo este último organofosforado. Los residuos de estos agroquímicos fueron detectados en pequeñas concentraciones (0.05-7.0 μg kg⁻¹), con una eficiente extracción (69-118%, promedio 88%).

De igual manera se ha trabajado en la identificación de las mejores técnicas de extracción para cada caso en particular. Alfaro *et al.* (2004) realizaron un estudio comparativo de dos técnicas utilizadas para la extracción de pesticidas organoclorados en suelo (ultrasonido y microondas). El análisis de los pesticidas en los extractos se llevó a cabo utilizando cromatografía de gases. En este estudio se reporta la extracción asistida por microondas como la mejor técnica para la detección de pesticidas organoclorados en suelos.

Soto-Cordoba *et al.* (2001), realizaron una modificación al método Soxhlet tradicional, para la extracción de Pentaclorofenol en muestras de suelo, encontrando mayores rendimientos y menores tiempos de extracción utilizando el método modificado con derivación *in situ*, que mediante el método tradicional. Para el análisis de las muestras, después de cada extracción, se utilizó cromatografía de gases.

Dagan (2000), llevó a cabo una investigación en la cual comparó diferentes técnicas de extracción para una mezcla de plaguicidas (MX-5) que incluye el Paratión Metílico, entre las técnicas empleadas para la detección e identificación de los analitos se mencionan la cromatografía de gases y espectrometría de masas. El autor comenta que la complejidad de la matriz es en la mayoría de los casos la mayor limitante en la detección y la identificación de analitos en niveles de trazas.

Algunos de los plaguicidas aplicados en las áreas agrícolas de la región, entre los cuales ha sido seleccionado el Paratión Metílico para el presente trabajo, son reportados por la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, WHO), dentro de la clase I de toxicidad, indicando con ello la peligrosidad del mismo (IPCS, 2002). El plaguicida a detectar en el suelo, inhibe la acción de la enzima colinesterasa, especialmente la acetilcolinesterasa, provocando con ello la acumulación de la acetilcolina en las sinapsis nerviosas, desencadenando efectos parasimpáticos; dichos plaguicidas inhiben la misma enzima en los glóbulos rojos, plasma y otros órganos (Castillo *et al.*, 2002).

La aplicación de agroquímicos en la región se practica sin las mínimas medidas de seguridad, tanto para las personas como para el ecosistema y su uso es indiscriminado y prolongado. Los agroquímicos utilizados, debido a su origen, son difíciles de eliminar del ambiente provocando daños a la salud de los pobladores y en las especies de flora y

fauna local. La aplicación de los plaguicidas se realiza desde el aire utilizando avionetas que rocían no solo el cultivo, sino el aire, suelo y a los pobladores; además, los contenedores de plaguicidas se encuentran dispersos en el área al aire libre, pese a que están catalogados como residuos tóxicos (PNE y TNC, 2007) (Figura 1.3).



Figura 1.3.- Contenedores de agroquímicos desechados en un área al aire libre, sin las debidas precauciones.

Existen numerosos estudios que confirman la peligrosidad de los plaguicidas utilizados en las prácticas agrícolas, los cuales indican la toxicidad de los mismos, así como las repercusiones en los organismos que entran en contacto con estos, provocando diversos daños como: malestares, susceptibilidad a enfermedades, daños en el organismo e incluso la muerte, aún y cuando éstos no fueron aplicados precisamente para controlar a los organismos que resultaron afectados.

Poppenga *et al.* (2005), describieron cuatro eventos mortales en los que guajolotes silvestres (*Meleagris gallopavo*) resultaron intoxicados por ingerir cebos que contenían fosfato de zinc (Zn₃P₂), un rodenticida utilizado para controlar algunas especies de mamíferos pequeños. Hunt *et al.* (1995), diagnosticaron la exposición de

garzas a plaguicidas carbamatos, tanto por vía dérmica como por ingestión de alimentos contaminados por estos agroquímicos.

Kwon *et al.* (2004), describieron casos de envenenamiento por plaguicidas en aves silvestres en Korea, ocurridos durante los años de 1998 – 2002, en dicho estudio 41 de 87 incidentes mortales investigados se debieron a envenenamiento por plaguicidas, identificando 6 organofosforados (Fosfamidón, Monocrotofos, Fentión, Paratión, EPN y Diazinón) y un carbamato (Carbofurán) como los responsables de dichos acontecimientos, esto fue corroborado mediante la identificación de residuos de los plaguicidas en el contenido estomacal y tejidos como hígado, riñón, grasa y cerebro de las aves muertas, utilizando cromatografía de gases/espectrometría de masas o cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Además comentan que la mayoría de los casos de envenenamiento reportados en su investigación son causados al perecer por el abuso deliberado de dichos plaguicidas.

Wobeser *et al.* (2004), diagnosticaron envenenamientos secundarios de águilas debido al uso de cebos que contienen plaguicidas inhibidores de la enzima acetilcolineserasa para control de coyotes. El envenenamiento de águilas por insecticidas fue confirmado por análisis químico en ocho incidentes, detectando al carbamato Carbofurán como responsable para cada caso, acompañado en uno de estos por el organofosforado Terbufos. La identificación de éstos se llevó a cabo mediante el uso del contenido esofágico o estomacal de las aves muertas y el análisis multi-residual de plaguicidas, el cual examina la presencia potencial de 124 compuestos orgánicos, con metodologías estándares de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA). Indican también que el uso de estos plaguicidas para envenenar coyotes es ilegal pero que desafortunadamente es una práctica que continúa.

Small *et al.* (1998), llevaron a cabo dos experimentos para probar la influencia de la dosis, la concentración y el tiempo de exposición al metil paratión sobre la actividad de la enzima colinesterasa, en palomas de alas blancas (*Zenaida asiatica*). Las aves fueron expuestas deliberadamente mediante vía oral a varios niveles de Paratión Metílico en agua, con el fin de determinar sus efectos sobre la enzima anteriormente mencionada en cerebro y sangre. Como resultados obtuvieron que la concentración del plaguicida es el factor que mayor influencia tiene en la actividad de la colinesterasa, tanto en el plasma como en el cerebro. Dichos resultados confirman que el agua de riego, contaminada por los plaguicidas, es una fuente de exposición de la vida silvestre a los plaguicidas utilizados en las prácticas agrícolas.

Smith *et al.* (1995), utilizando cromatografía de gases y espectrometría de masas, analizaron el contenido estomacal de diversas aves para determinar la causa de su muerte, confirmando que 86 de los 102 incidentes considerados, se debieron a intoxicación por exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos. Dichos eventos se registraron en 29 estados de Estados Unidos de América entre los años de 1986 y 1991; 59 de estos incidentes mortales se debieron a plaguicidas organofosforados y específicamente 7 de estos casos se identificaron como intoxicaciones por exposición al plaguicida Paratión.

Prijono y Leighton (1991), diagnosticaron envenenamiento letal por plaguicidas que afectan la enzima acetilcolinesterasa en codornices japonesas. El plaguicida considerado en dicho estudio fue Diazinón, el cual pertenece al grupo de los organofosforados. Durante el estudio encontraron, entre otras cosas, que las aves expuestas al plaguicida desarrollaron temblores dentro de aproximadamente 30 min., y murieron en 45 - 60 min., después del tratamiento. Además indican que, pese la vida

media corta de estos compuestos, la manera en que son aplicados los plaguicidas es fundamental en los casos de envenenamiento.

Custer y Ohlendorf (1989), utilizaron la inhibición de la actividad de la enzima colinesterasa cerebral en aves para diagnosticar la exposición o muerte por plaguicidas organofosforados o carbamatos.

Debido a los efectos adversos que los plaguicidas ocasionan en los ecosistemas, también se han realizado investigaciones que tienen como objetivo la prueba de mecanismos de remediación para tratar de contrarrestar dichos efectos dañinos. Singh *et al.* (2004), en su estudio titulado "Biodegradación de clorpyrifos por *Enterobacter* Strain B-14 y su uso en bioremediación de suelos contaminados", encontraron, entre otras cosas, que la degradación del agroquímico fue rápida en el suelo australiano seleccionado, ya que después de la primera aplicación, se logró una degradación del 50% en menos de cuatro días.

David y Seiber (1999), investigaron la hidrólisis acelerada de organofosforados industriales en agua y suelo, usando para ello perborato de sodio, indicado que la reacción debe ser utilizada para la destoxificación directa de agua de desecho y tiene el potencial para la remediación de suelos contaminados por compuestos organofosforados.

En algunos países, como en los Estados Unidos de América, se han considerado incentivos económicos y beneficios potenciales, para reducir la contaminación del suelo considerando a los plaguicidas como un problema crucial (Bonnieux *et al.*, 1998).

1.2.1 Plaguicidas Organofosforados/Organofosfatos

El término Organofosforados (OPs) incluye a los insecticidas que contienen fósforo y por lo general son los insecticidas más tóxicos para los vertebrados aun y cuando la mayoría de estos son químicamente inestables. Sin embargo, debido a su alta toxicidad la EPA llevó a cabo una reevaluación de los mismos, prohibiendo el uso de algunos de ellos y estableciendo algunos otros como de uso restringido (Ware y Whitacre, 2004).

Los OPs inhiben ciertas enzimas del sistema nervioso, particularmente la colinesterasa (ChE), lo que resulta en la acumulación de acetilcolina (ACh) en las sinapsis entre neuronas y neuromusculares lo que ocasiona contracciones rápidas de los músculos y la posterior parálisis. Estos plaguicidas se dividen en tres grupos: derivados alifáticos, fenílicos, y heterocíclicos. (*op cit.*).

1.2.2 Paratión Metílico

El paratión metílico No. CAS 298-00-0 (IPCS, 2002) (C₈H₁₀NO₅PS) (Figura 1.4) es un plaguicida organofosforado, se clasifica dentro del grupo de los derivados fenílicos. Estos OPs son más estables que los derivados alifáticos, por lo que sus residuos duran más tiempo (Ware y Whitacre, 2004). Este plaguicida fue sintetizado por primera vez en los 40's (IPCS, 1993).

Figura 1.4.- Estructura química del Paratión Metílico (US NLM, 2008).

Es un plaguicida catalogado como insecticida de uso tanto agrícola como industrial cuyo peso molecular es de 263.21; sus propiedades físicas y químicas son las siguientes: es un polvo o sólido cristalino de color blanco, olor penetrante similar al ajo. El punto de ebullición es de 154° C y su punto de fusión es de 35° C. Su densidad relativa es igual a 1.358 a 20° C. Su solubilidad en agua es igual a 55mg L⁻¹ a 20° C. Es soluble en etanol, cloroformo y disolventes alifáticos. Su presión de vapor es igual a 0.2mPa a 20° C. Su constante de la ley de Henry es igual a 8.57x10⁻³Pa m⁻³ mol. Se hidroliza en medios alcalinos y ácidos (INE, 2008). El Paratión Metílico es considerado un compuesto extremadamente peligroso, clasificándose dentro de la categoría de toxicidad 1a, con una dosis letal media (LD₅₀) de 14 mg kg⁻¹ (IPCS, 2002).

En lo que respecta al destino en el ambiente, el Paratión Metílico al ser emitido en aire, una parte se encuentra en forma de vapor y otra asociada a partículas; el vapor se elimina a través de reacciones con radicales hidroxilo (vida media de 6.5 horas), mientras que las partículas son removidas por precipitación tanto húmeda como seca. Este compuesto tiene una persistencia de baja a moderada, exceptuando aquellos sitios en los que han ocurrido derrames donde puede permanecer incluso por años (*op cit.*).

Generalmente es poco persistente en suelo, en donde su vida media varía de 1 a 30 días (valor típico 5 días) (IPCS, 2002), sin embargo, es retenido por más tiempo en suelo que en aire o en agua, sufre descomposición rápida en condiciones alcalinas, variando en función del tipo de suelo; suelos arenosos pierden los residuos de este compuesto más rápidamente que suelos arcillosos, una alta salinidad también favorece la hidrólisis de este compuesto y la exposición a rayos ultravioleta ayuda a la degradación del plaguicida (IPCS, 1993).

El principal mecanismo de eliminación del Paratión Metílico es la biodegradación, tanto aeróbica como anaeróbica; así mismo la degradación mediante la luz (fotólisis) constituye otra importante vía de eliminación. La velocidad de la biodegradación depende del tipo de suelo y de la temperatura, dicho proceso se ve favorecido principalmente en suelos arenosos en zonas de clima cálido. Este plaguicida presenta una afinidad moderada en la mayoría de los suelos, por lo cual se espera que presente una movilidad limitada y pocas posibilidades de lixiviarse hasta los mantos freáticos. A pesar de la moderada persistencia del plaguicida, uno de sus productos resultantes de la degradación (4-Nitrofenol), se adsorbe débilmente a las partículas y puede contaminar aguas subterráneas. El Paratión Metílico presenta cierto grado de volatilización en suelo y en agua (INE, 2008).

Este compuesto es rápidamente absorbido por todas las rutas de exposición (oral, dérmica o inhalación) y es rápidamente distribuido a los tejidos del cuerpo, siendo metabolizado posteriormente a Paraoxón Metílico. Tanto el Paratión Metílico como el Paraoxón Metílico son metabolizados en el hígado mediante procesos de oxidación, hidrólisis entre otros, produciendo como resultado de dichas reacciones compuestos como O-metil, O-p-nitrofenil fosforotioato o dimetil fosforotioico o ácido dimetilfosfórico y p-nitrofenol (IPCS, 1993).

El Paratión Metílico es un insecticida no selectivo que mata por igual especies plaga como especies benéficas. Se han reportado matanzas de abejas después de aplicaciones de Paratión Metílico. Para roedores presenta una dosis letal media oral (LD₅₀) de 3 – 35 mg kg⁻¹ de peso corporal y LD₅₀ dérmica de 44 – 67 mg kg⁻¹ de peso corporal. Incrementos en aberraciones cromosómicas han sido reportados en casos de intoxicación aguda. Los plaguicidas organofosforados, incluyendo el Paratión Metílico, son suficientemente volátiles y térmicamente estables para ser analizados por cromatografía de gases siendo este el método más importante para la detección del mismo (IPCS, 1993).

El IPCS (1993) hace referencia a algunos trabajos en los que se realizaron extracciones de Paratión Metílico en matriz suelo bajo diferentes metodologías: extracción con acetona/hexano, método analítico cromatografía de gases (GC), detector termoiónico (TID) para el que no se reportan porcentajes de recuperación ni límites de detección (Agishev *et al.*, 1977); extracción con acetona/hexano, método analítico cromatografía en capa fina (TLC) para el que no se reportan porcentajes de recuperación ni límites de detección (Garrido y Monteoliva, 1981); extracción con acetona/hexano, método analítico GC, detector de ionización de flama (AFID) para el que se reporta un 71% de recuperación y 0.17 μg kg⁻¹ como límite de detección (Kjoelholt, 1985); extracción con acetona, separación con diclorometano, limpieza con silica gel, método analítico GC (TID), para el que se reporta de 78 - 85% de recuperación y 5 μg kg⁻¹ como límite de detección (Wegman *et al.*, 1984) y extracción con hexano/isopropanol, desulfurización, método analítico GC, detector de captura de electrones (ECD), para el que se reporta un 45% de recuperación y no se indica un límite de detección (Schutzmann *et al.*, 1971).

CAPÍTULO II

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio del presente trabajo se encuentra comprendida dentro de la Región Terrestre Prioritaria (RTP) "El Tokio", la cual se ubica en las coordenadas extremas 23° 36' 43" a 25° 13' 51" N y 100° 02' 56" a 101° 17' 28" O y consta de 8,632 km², pertenecientes a los municipios de Aramberri, Arteaga, Catorce, Cedral, Doctor Arroyo, El Salvador, Galeana y Venegas, correspondientes a los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luís Potosí y Zacatecas (CONABIO, 2008).

El área posee especies importantes para conservación, tales como *Cynomys mexicanus* (perrito de la pradera), *Taxidea taxus* (tejón o tlalcoyote), *Athene cunicularia* (lechuza llanera), *Crotalus scutulatus* (víbora de cascabel) y *Vulpes velox* (zorra del desierto), así mismo posee áreas de anidación para *Aquila chrysaetos* (águila real). En la RTP "El Tokio" se cuenta también con endemismos de especies vegetales como: *Frankenia gypsophila*, *Bouteloua chasei*, *Dicranocarpus* sp. y *Nerisyrenia* sp. e importantes poblaciones de *Larrea tridentata* (gobernadora) y *Yucca* sp. (palma loca) (*op cit.*).

El área de estudio es el ejido denominado "El Tokio", el cual se localiza en las coordenadas 24° 40' 55". N y 100° 14' 20" O (Figura 2.1); con una altura sobre el nivel del mar entre los 1900 m y 2000 m. Cuenta con una superficie total de 5,400 hectáreas, las cuales se encuentran dentro del territorio perteneciente al municipio de Galeana, N. L. El ejido cuenta con una población de 250 habitantes, de los cuales 98 son ejidatarios.

"El Tokio" se ubica en la región hidrológica "El Salado" ARH-37, en la cuenca de la Sierra Madre Oriental. Esta cuenca se caracteriza por presentar escurrimientos

superficiales escasos, donde las corrientes naturales de tipo permanente son mínimas, lo que hace de esta área una zona desértica o semidesértica. Específicamente, el área de estudio se encuentra enclavada en la subcuenca San Rafael (INEGI, 1986).

El clima de la región corresponde al tipo BSohx'(e); seco semicálido o árido con una temperatura media anual que oscila entre los 18 y los 22°C, el porcentaje de precipitación que se presenta en la época de invierno con respecto al total es alrededor del 18%; el clima es extremoso con una oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14°C (García, 1981). La precipitación promedio anual es de 333.8 mm, presentando una temperatura media anual de 16.7°C (Scott, 1984).

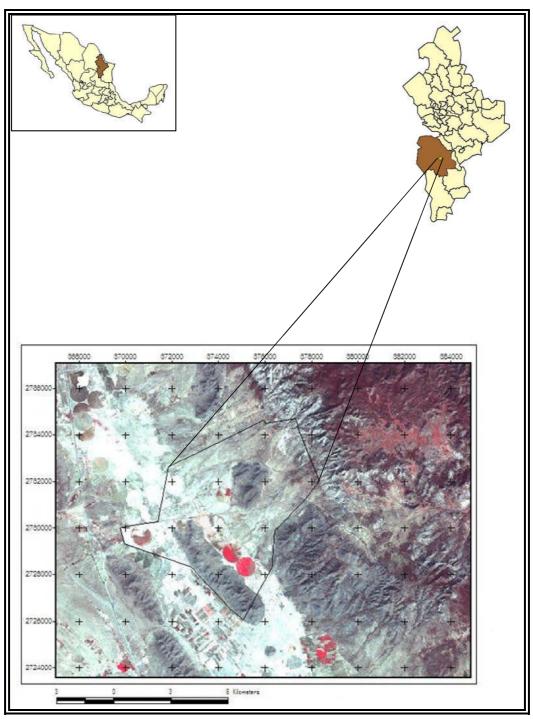


Figura 2.1.- Ubicación del área de estudio, ejido "El Tokio".

Los tipos de suelo presentes en el área de trabajo, según la carta edafológica escala 1:50,000 de INEGI (1977), son: Xg-ls/2 (Xerosol gypsico – ligeramente salino / textura media), I+E/2 (Litosol + Rendzina / textura media) y E+Rc/2 (Rendzina + Regosol calcárico / textura media).

Los tipos de vegetación presentes en el área de estudio son (Scott, 1984):

Matorral Desértico Rosetófilo

Estrato subarbustivo: Agave falcata, A. striata, A. lecheguilla, Bouvardia ternifolia, Dalea sp., Gymnosperma glutinosum, Jatropha dioica, Opuntia microdasys, O. stenopetala, O. tunicata y Parthenium incanum; estrato de eminencia: Yucca carnerosana; estrato arbustivo: Croton torreyanus, Echinocactus platyacanthus, Ephedra aspera, Ferocactus stainesii, Forestiera angustifolia, Larrea tridentata, Mortonia palmeri, Salvia ballotaeflora, Sophora secundifolia y Zexmania brevifolia; estrato herbáceo: Aristida sp., Bouteloa curtipendula, B. gracilis, Castilleja lanata, Dyssodia acerosa, D. setifolia, Echinocactus horizonthalonius, Echinocereus blanckii, Erioneuron grandiflorum, Lesquerella sp., Lycurum phleoides, Mammillaria chianochephala, Neolloydia conoidea. *Pappophorum* bicolor, Stenocactus phyllacanthus, Stipa eminens, Tiquilia canescens y Thelocactus buekii.

Matorral Desértico Micrófilo

Estrato de eminencia: Yuca filifera y Yuca carnerosana; estrato principal: Condalia ericoides, C. spathulata, Ephedra antisyphilitica, E. aspera, Flourensia cernus, Forestiera angustifolia, Gymnosperma glutinosum, Koeberlinia spinosa, Larrea tridentata, Lycium berlandieri, Mortonia palmeri, Opuntia cantabrigensis, O. imbricata,

O. rastrera, O. stenopetala y Rhus microphylla; estrato inferior: Aphanostephus ramosissimus, Bouteloua chasei, Condalia ericoides, Cryptantha sp., Dicranocarpus parvifolius, Dyssodia papposa, D. pentachaeta, Echinocactus horizontalonius, Ephedra aspera, Erigeron traversa, Erioneuron pulchellum, Hematocactus uncinatus, Hymenoxys odorata, Machaeranthera tanacetifolia, Mammillaria heyderi, Muhlenbergia villiflora, Nama carnosum, Nerisyrenia linearifolia, Opuntia tunicata, Psilostrophe gnaphaloides, Tiquilia canescens, Scleropogon canescens y Zinnia acerosa.

Pastizal Gipsófilo

Estrato herbáceo: Aristida fendleriana, Bouteloa chasei, Crypthantha sp., Descurainia pinnata, Dicranocarpus parviflorus, Erigeron traversii, Hedyotis pygmea, Lepidium montanum, Lesquerella sp., Machaerenthera tanacetifolia, Muhlenbergia villiflora, Nama carnosum, Nerisyrenia linearifolia, Sartwelia flaveriae, Scleropogon brevifolius y Verbena wrightii; leñosas bajas: Condalia ericoides, Frankenia gipsófila, Koeberlinia spinosa, Lycium berlandieri, Opuntia imbricada y O. sp.

Bosque de Pino

Especies dominantes: Pinus cembroides, Juniperus monosperma, Yucca carnerosana y Y. filifera; estrato arbustivo: Condalia ericoides, Ephedra antisyphilitica, E. aspera, Forestiera angustifolia, Gimnosperma glutinosum, Larrea tridentata, Mortonia palmeri, Opuntia cantabrigensis, O. imbricata, Rhus microphylla y Sophora secundifolia; estrato inferior: Agave falcata, A. lecheguilla, Bouteloa curtipendula, Bouvardia ternifolia, Condalia ericoides, Descurainia pinnata, Draba cuneifilia,

Erigeron traversii, Gimnosperma glutinosum, Koeberlinia spinosa, Lesqueralla sp., Opuntia rastera, O. stenopetala, O. tunicata y Tiquilia canescens.

Vegetación halófila

Prosopis glandulosa, Koeberlinia spinosa, Ambrosia spp., Baccharis ramulosa, Dysodia acerosa, Erioneuron pulchellum, Sporobolus airioides, Flaveria trinervia, Atriplex canescens y Lycium berlandieri (González, 1990).

Es importante destacar que tanto *Echinocactus platyacanthus*, como *Ferocactus pilosus*, son dos especies de biznagas que se encuentran enlistadas en la NOM-059-ECOL-2001, clasificándolas como especies sujetas a protección especial (DOF, 2002).

La fauna presente en el área de estudio es muy variada, entre la cual podemos mencionar las siguientes especies (González, 1990): Canis latrans, Lynx rufus, Taxidea taxus berlandieri, Vulpes macrotis, Mustela frenata, Lepus californicus, Sylvilagus auduboni, Spermophillus spilosoma, Perognatus flavus, Peromyscus maniculatus, Neotoma mexicana navus, Zenaida macroura, Charadrius vociferus, Eremophila alpestris, Agelaius phoeniceus, Mimus polyglottos leucopterus, Myadestes (obscurus) occidentalis, Ahtene cunicularia, Coragyps atratus, Dactylortyx thoracicus, Sceloporus graciosus graciosus, Crotalus viridis y Cynomys mexicanus.

Destacando esta última (*Cynomys mexicanus*) especie endémica en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-ECOL-2001; además las especies *Taxidea taxus berlandieri*, *Vulpes macrotis* y *Peromyscus maniculatus*, están catalogadas como Amenazadas y *Lepus californicus* (endémica), *Myadestes (obscurus) occidentalis*,

Dactylortyx thoracicus, Sceloporus graciosus graciosus y Crotalus viridis, están catalogadas como especies sujetas a protección especial (DOF, 2002).

De las 5,400 ha con que cuenta el área de estudio, 4,200 ha son de uso común (agostadero, temporal y área rural) y 1,200 ha son destinadas para agricultura de riego, siendo ésta la principal actividad del ejido. Los principales cultivos son el frijol, maíz, papa, alfalfa y avena. La actividad ganadera es practicada por una minoría de la población, y el uso forestal de los recursos sólo se realiza para autoconsumo. La agricultura de riego que se lleva a cabo en el lugar, se caracteriza por la utilización de grandes cantidades de agroquímicos, en busca de mantener la producción, la cual va en decremento conforme pasa el tiempo, según comentarios de los propios agricultores del ejido.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 CAMBIO DE USO DE SUELO

Para realizar la cuantificación de la superficie de pastizal gypsófilo y halófito que ha sido desmontada con fines agrícolas, se utilizaron imágenes de satélite, de años anteriores y fueron comparadas con las más actuales a las que se tuvo acceso. Las imágenes que se utilizaron para detectar, cuantificar y analizar los cambios en el uso de suelo son: MSS path29row43nad27 para el 9 de septiembre de 1976, LANDSAT TM path28row43nad27 para el 16 marzo de 1990, LANDSAT ETM path28row43nad27 UTM14N para el 1 de noviembre de 2001 y la del LANDSAT 5 TM path28row43nad27 para el 26 de noviembre de 2006. La delimitación de las áreas agrícolas correspondientes al año de 1976, se logró mediante el uso de la imagen de satélite anteriormente mencionada, teniendo como apoyo adicional la carta de uso de suelo y vegetación San José de Raíces G14C66 escala 1:50,000, de INEGI, cuya primera edición corresponde al año de 1976.

El análisis de las imágenes de satélite se efectuó de manera visual, desplegándolas en un Sistema de Información Geográfica (programa ArcView GIS 3.2[®]) en el cual se ingresaron las coordenadas del límite del área de estudio (ejido "El Tokio") y se elaboró el polígono correspondiente.

Posteriormente se hizo una delimitación manual, utilizando el cursor del Arc View, de las áreas identificadas como áreas de cultivo para cada una de las fechas de evaluación y dichas áreas fueron poligonizadas. La delimitación de las áreas se realizó manualmente debido a la similitud espectral que podrían presentar las áreas de pastizal, con muy escasa cobertura vegetal, con las áreas agrícolas en descanso. Así, se dio más

relevancia a la forma de las áreas, que a la reflectividad de éstas. Otro factor que influyó en la decisión de hacerlo manualmente y no mediante una clasificación espectral de las imágenes, fue la superficie, no tan extensa, que abarcó este estudio.

Una vez que se poligonizaron las áreas de cultivo, correspondientes a cada año, se traslaparon de par en par para delimitar las áreas que de una fecha a otra se convirtieron en nuevas áreas abiertas al cultivo, así como para considerar aquellas áreas que seguían utilizándose para este fin en fechas distintas. Todas estas áreas agrícolas nuevas y reutilizadas en el área de estudio, fueron cuantificadas con ayuda del programa antes mencionado.

3.2 CONTAMINACIÓN POR AGROQUÍMICOS

3.2.1 Identificación de Plaguicidas

En base a una encuesta elaborada *ex profeso* y aplicada a los ejidatarios del lugar, se identificaron los plaguicidas utilizados en el área de estudio para el cultivo de papa. Los plaguicidas mencionados por los productores se cotejaron con los citados en la literatura para este cultivo, seleccionándolos en función de su toxicidad y generalidad de uso. Los plaguicidas que se emplearon en la época más reciente de siembra, dentro del área de estudio, fueron: Monocrotofos, Paratión Metílico, Paratión Etílico y Forate. De éstos, se optó por trabajar en la detección del Paratión Metílico, el cual fungió en la presente investigación como el analito a detectar, ya que éste se encuentra dentro de la categoría Ia de toxicidad de acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (WHO) (IPCS, 2002).

3.2.2 Toma de Muestras y Análisis de Suelo

El principal objetivo de cualquier muestreo es lograr obtener representatividad del medio sujeto a investigación; en el caso del muestreo en un sitio contaminado, es adquirir información sobre la presencia e identidad de los contaminantes presentes. Hay que considerar que para realizar un muestreo de suelo, no existen reglas aplicables en todos los casos, pues cada sitio requiere de un muestreo particular (Volke *et al.*, 2005).

Para determinar los contaminantes agrícolas presentes, así como las concentraciones de éstos a diferentes profundidades en las zonas aledañas a áreas agrícolas, se tomaron muestras de suelo, para lo cual se requirió de viales color ámbar con tapa de rosca sin septa, pala, navaja, brújula, así como de cilindros y mazo para las muestras de suelo necesarias en la determinación de la densidad aparente del mismo, además de bolsas de papel kraft, para su transporte. Las muestras destinadas al análisis cromatográfico se almacenaron en refrigeración a 4°C, tal como lo indica el método tomado como base 8141A de la U. S. EPA (1994).

La toma de muestras de suelo se llevó a cabo en un pivote de cultivo de papa, seleccionado previamente al azar, estableciendo tres transectos equidistantes (100 m) a partir del interior de cada uno y en dirección a las colonias de perro llanero o pastizal natural (Figura 3.1). A lo largo de cada transecto se establecieron cinco sitios de muestreo, el primero dentro del área de cultivo (pivote), el segundo hacia el exterior a 10m del perímetro, el tercero a 20m del segundo, el cuarto a 20m del anterior y por último un punto a 20m del cuarto; en cada uno de estos puntos se tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades (0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 y 25-30; cm).



Figura 3.1.- Esquematización de la ubicación de los puntos de muestreo.

Aunado a las muestras de suelo tomadas para los análisis cromatográficos y para la determinación de la densidad aparente, se consideró la toma de muestras de suelo para la determinación de los mínimos requerimientos para reportar datos analíticos para muestras ambientales, reportados por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), en los que se incluyen: textura del suelo, pH y materia orgánica, necesarios para cada uno de los puntos del muestreo (Egli *et al.*, 2003).

En cuanto al análisis cromatográfico, primeramente se procedió a la elaboración las soluciones stock del analito de interés, a una concentración de 1000 ppm, tal como se indica en el método 8141A de la U. S. EPA (1994). Posteriormente, se elaboraron diferentes diluciones con la finalidad, en primer término, de inyectar el analito de manera individual y así, manejando diferentes temperaturas, conocer el tiempo de elusión de éste; además se realizaron diluciones con el objetivo de elaborar la curva de

calibración externa con cinco niveles para el analito investigado (Figura 3.2), dicha curva se realizó después de varias pruebas, es decir, para llegar a ella se tuvieron que elaborar alrededor de cuatro diluciones diferentes en las que se manejaron diversas concentraciones para el analito, con la finalidad de que la señal indicada en el equipo fuera claramente observable a una atenuación determinada y en cada uno de los cinco niveles de la curva, es decir, desde el más concentrado hasta el más diluido.

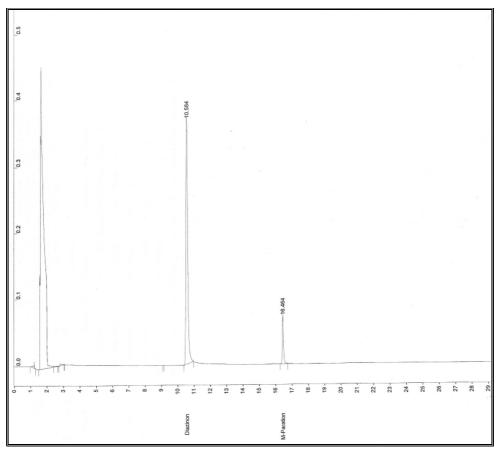


Figura 3.2.- Cromatograma del nivel 3 de la curva externa.

Como base para la elaboración de la curva de calibración externa se empleó la dosis letal media (LD₅₀ mg kg⁻¹) reportada por la Organización Mundial de la Salud (WHO) (IPCS, 2002). Además de tomar en cuenta el plaguicida seleccionado, se consideró, dentro de estos experimentos, la selección del estándar interno más adecuado con el fin de utilizarlo posteriormente para la cuantificación de los analitos de estudio; los compuestos probados como estándar interno fueron el Sulfotep y Diazinón, seleccionando el Diazinón después de los experimentos realizados, debido a que no presentó coelusión con otros compuestos y por tener un tiempo de retención conveniente al ser el segundo compuesto en ser detectado.

En lo que respecta al Sulfotep, se descartó ya que presentó coelusión con el Forate, uno de los compuestos que en un inicio se habían preseleccionado como analitos a detectar, aún y cuando se modificó el rango de temperatura empleado en la corrida cromatográfica. Una vez seleccionado el estándar interno, se realizaron las diluciones pertinentes para que dicho compuesto reportara una señal adecuada en los cinco niveles de la curva, quedando en una concentración de 0.747 ppm.

Una vez determinado el método de extracción y limpieza a emplear, se procedió a la elaboración de la curva de calibración con matriz, para la cual se utilizaron muestras de suelo libres de estos plaguicidas, a las cuales se les adicionó una cantidad conocida de cada uno de los cinco niveles de concentración de la mezcla de trabajo, además del estándar interno, también se incluyeron cuatro suelos fortificados, empleando para ello el nivel tres de la curva, así como tres blancos. De esta manera se obtuvo la curva con matriz, así como los porcentajes de recobro de los analitos.

Las muestras se analizaron mediante el empleo de Cromatografía de Gases (GC, llamada así en función del estado físico de la fase móvil), utilizando para la extracción

de la muestra a inyectar un protocolo diseñado especialmente para el presente estudio tomándose como base los métodos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, 1994), específicamente el método 8141A y una versión modificada de la técnica de extracción para organofosforados en cárnicos empleada en el Laboratorio de Residuos Tóxicos y Contaminantes del Laboratorio Central Regional de Monterrey, dentro de las instalaciones del Comité para el Fomento y Protección Pecuaria de Nuevo León, A. C. El método 8141A es una técnica de columna capilar para compuestos organofosforados por cromatografía de gases (US EPA, 1994). Para el desarrollo de la metodología se utilizó el Detector Termoiónico Específico (TSD).

La identificación de los plaguicidas mediante el procedimiento de la Cromatografía de Gases, se realiza tomando en cuenta los tiempos de retención, los cuales son particulares de cada sustancia, bajo el siguiente concepto: los analitos serán distribuidos entre una fase móvil gaseosa y una estacionaria (sólida o líquida); cuanto mayor sea la afinidad del analito por la fase gaseosa, más rápido se moverá por la columna y menor será el tiempo de elusión; por el contrario, cuanto mayor sea la afinidad del analito por la fase estacionaria, mayor será el tiempo de retención (Sogorb y Vilanova, 2004).

Para hacer pasar los analitos a través de la columna es necesario un gas portador, los utilizados comúnmente para este fin son: He, Ar, N₂ e H₂ (Sogorb y Vilanova, 2004), para este trabajo se utilizó Nitrógeno (N₂) como el gas portador de los analitos. La columna empleada para los análisis cromatográficos es del tipo capilar, modelo Zebron ZB1701, 30m de longitud, id. 0.32mm, cuya fase estacionaria es líquida, dicha columna es equivalente al modelo DB-5 de las mismas dimensiones, la cual es similar a la reportada por Richter *et al.* (2001), en su estudio sobre plaguicidas organofosforados en

alimentos. El Cromatógrafo utilizado en el presente estudio es el modelo Varian 3800 GC/TSD. El protocolo de extracción, detallado, se presenta en el Anexo 1.

En el presente estudio se consideran como áreas contaminadas aquellos lugares en los que se determine la presencia del plaguicida seleccionado, el cual se encuentra ubicado dentro de la primera categoría de toxicidad de acuerdo a lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (WHO); lo anterior en función del riesgo que dicha presencia representa tanto en el ecosistema como en la salud de todo ser vivo presente.

La densidad aparente del suelo fue obtenida mediante el método gravimétrico en muestra no alterada, el pH de las muestras de suelo se obtuvo mediante determinación potenciométrica en suspensión suelo-líquido 1:2.5; para determinar el contenido de materia orgánica se utilizó la técnica de combustión húmeda y titulación según Walkley-Black y la salinidad se determinó mediante conductividad eléctrica en suspensión suelo-agua 1:5 a través de una celda de conductividad (Woerner, 1989). La textura del suelo fue determinada "al tacto" (Pando, 2001).

CAPÍTULO VI

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CAMBIO DE USO DE SUELO

El análisis visual de las imágenes, con la delimitación de las áreas agrícolas y la superposición de éstas para el análisis multitemporal, permitió cuantificar la superficie de pastizal natural que ha sido desmontada con fines agrícolas en las últimas cuatro décadas, en el área de estudio.

Para el año de 1976, se cuantificó un total de 217.01 ha desmontadas con fines agrícolas (Figura 4.1), en áreas que anteriormente correspondían a pastizal natural del ejido "El Tokio". De estas 217.01 ha, más de la mitad (163.64 ha) corresponden a un sólo polígono y el resto se encuentra distribuido en nueve pequeñas parcelas que van desde 1.07 ha hasta 10.34 ha, lo que indica que el tipo de agricultura practicado en este tiempo era más bien del tipo tradicional y muy probablemente los cultivos establecidos en estas áreas correspondían en gran medida a maíz, frijol, trigo, avena y alfalfa, los cuales son reportados por PNE y TNC (2007), como cultivos practicados en la región. Sin embargo, Guadarrama (2002a), menciona que para el año de 1973 el cultivo de papa fue introducido en esta zona, por lo que se puede suponer que ya había algunas parcelas con este tubérculo en producción, aún cuando en una escala relativamente pequeña.

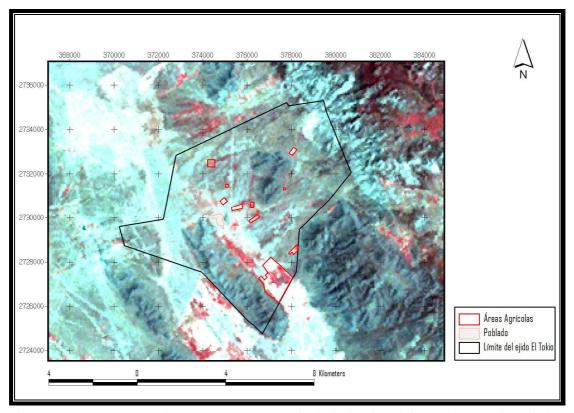


Figura 4.1.- Imagen Landsat MSS (4,2,1) con la delimitación del área de estudio y de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 1976.

En el año de 1990, para el área de estudio, se tenían 872.61 ha desmontadas con fines agrícolas (Figura 4.2), de las cuales 696.28 ha correspondían anteriormente a pastizal natural y 176.33 ha ya habían sido utilizadas en el año de 1976 para fines agrícolas (Figura 4.3) de acuerdo a la imagen analizada previamente, lo que indica que estaban siendo reutilizadas, muy probablemente después de cierto periodo de descanso.

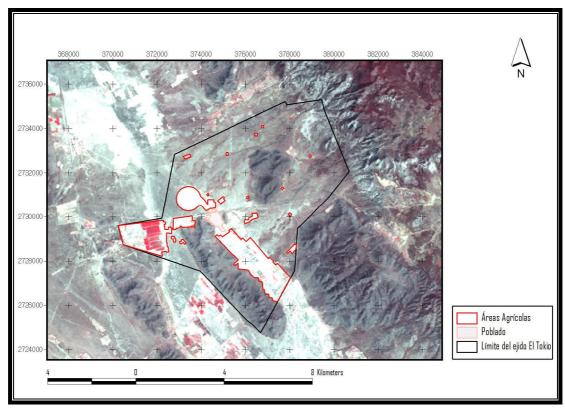


Figura 4.2.- Imagen Landsat TM (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 1990.

Para 1990, las áreas agrícolas corresponden ya a un 49% de la superficie total de pastizal natural del ejido (1782.49 ha). En la Figura 4.2, se puede apreciar que existen tres grandes áreas agrícolas, una de las cuales presenta una forma circular, característica de la agricultura tecnificada empleada actualmente en la zona con el sistema de riego tipo pivote popular en el área (PNE y TNC, 2007). El resto de las parcelas presentan superficies menores, ocho de ellas de alrededor de 1 ha cada una.

Alrededor del 20% (176.33 ha) de las áreas agrícolas delimitadas en la imagen de 1990, ya habían sido utilizadas durante el año de 1976, por lo que el resto (696.28 ha) corresponde a áreas de pastizal nativo abiertas al cultivo entre 1976 y 1990, resultando en un promedio de 50 ha de pastizal desmontadas cada año.

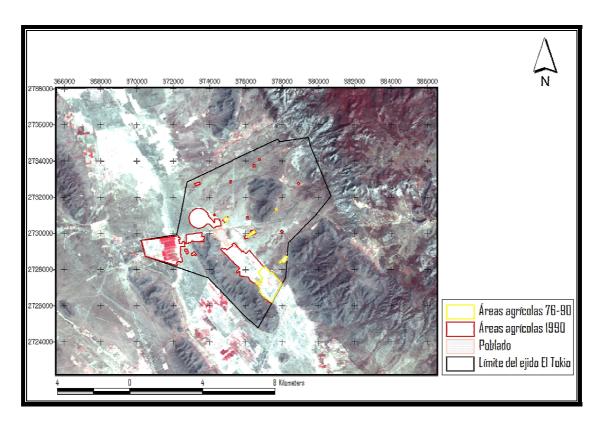


Figura 4.3.- Imagen Landsat TM (4,3,2) de 1990, con la delimitación de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 1976 y 1990.

En la Figura 4.3 se presentan, en color rojo, las áreas agrícolas correspondientes al año de 1990, mientras que en color amarillo se destacan aquellas áreas agrícolas que fueron utilizadas, por los productores, tanto en el año de 1976 como en 1990. Es notable la gran extensión de pastizal abierta para ser empleada como terreno agrícola en este

periodo, así como el cambio en las dimensiones de las parcelas, ya que, aunque es posible ver parcelas pequeñas, también se distinguen grandes extensiones de áreas cultivadas. Esto obedece a que, a principios de los 80's, se presentó un incremento de la superficie dedicada al cultivo de papa, dando paso a una agricultura altamente tecnificada y de grandes dimensiones (Guadarrama, 2002a). En esta misma época, la papa llegó a ser el principal cultivo en la región registrando una producción de hasta 60 toneladas por hectárea (PNE y TNC, 2007); además, si bien es posible reutilizar áreas agrícolas destinadas al cultivo de papa, esto suele hacerse intercalando periodos de descanso y para mantener una producción constante es necesario el desmonte de nuevas áreas.

La extensa superficie convertida a agricultura en el área de estudio en esa época, concuerda con datos a nivel nacional en los que se maneja un incremento de la superficie agrícola en territorio mexicano entre los años de 1973-1993, periodo en el que las áreas dedicadas a actividades agropecuarias tuvieron un incremento de 6'281,000 ha, poniendo en evidencia la imperiosa necesidad de detener el cambio de uso de suelo debido a estas actividades (Aguilar *et al.*, 2008).

Para el año de 2001, en el área de estudio, se tenía un total 699.50 ha desmontadas con fines agrícolas (Figura 4.4), de las cuales 267.43 ha correspondían anteriormente a pastizal nativo, 89.78 ha ya habían sido utilizadas para el año de 1976 y 342.29 ha ya eran áreas agrícolas para el año de 1990 (Figura 4.4 y Figura 4.5), siendo éstas reutilizadas, muy probablemente después de cierto periodo de descanso.

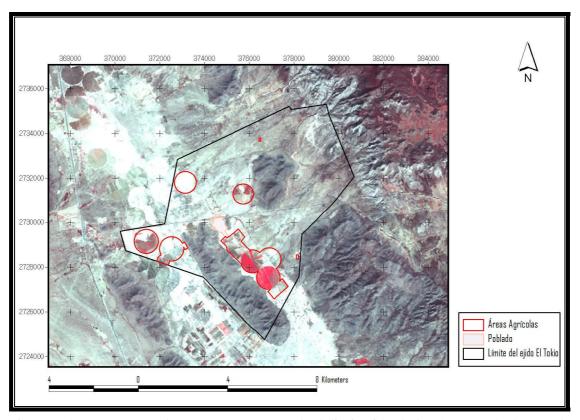


Figura 4.4.- Imagen Landsat ETM (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2001.

En el Figura 4.4 se aprecian, delimitadas en color rojo, las áreas agrícolas para el año de 2001, las cuales representan el 39% de la superficie total de pastizal del ejido y es claro que la agricultura de riego, es el tipo de producción practicado en este tiempo ya que se observa la forma característica de pivotes correspondientes al riego utilizado en la región.

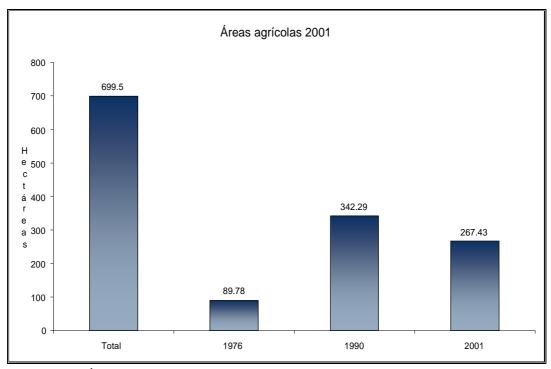


Figura 4.5.- Áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" para el año de 2001.

De la superficie agrícola total, para el año de 2001 (699.5 ha), el 13% (89.78 ha) corresponde a superficie agrícola habilitada desde 1976, el 49% (342.29 ha) corresponde a áreas ya utilizadas para 1990 y un 38% (267.43 ha) son áreas abiertas al cultivo por primera vez (Figura 4.5).

Es notable la diferencia en cuanto a las áreas abiertas al cultivo por vez primera en el periodo 1976-1990 (696.28 ha) y en 1990-2001 (267.43 ha), representando el 80% del total de uso de suelo agrícola para el primer año y sólo el 38% para el segundo, esto indica que un gran porcentaje de las tierras fueron reutilizadas después de cierto tiempo. Durante el periodo en que no se siembra papa en las áreas agrícolas, suelen colocarse otros cultivos como alfalfa, avena y trigo, o bien se dejan abandonadas hasta que la rotación del cultivo de la papa regrese al área.

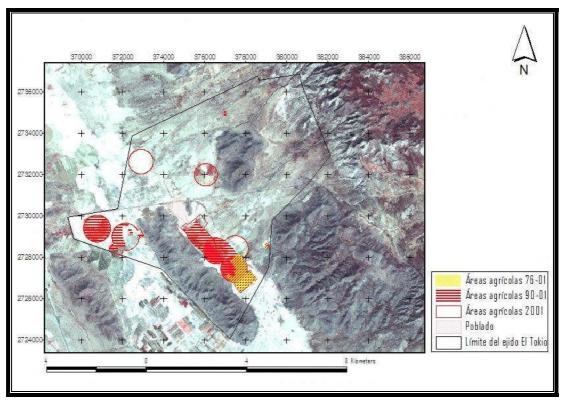


Figura 4.6.- Imagen Landsat ETM (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2001 y áreas de traslape con años anteriores.

En la Figura 4.6 se aprecia cómo algunas áreas abiertas al cultivo en años anteriores fueron reutilizadas en el 2001: el límite rojo muestra las áreas agrícolas para el 2001, las líneas de relleno amarillas indican aquellas áreas que han sido utilizadas en 1976 y 2001; mientras que las líneas horizontales en color rojo muestran áreas agrícolas utilizadas desde 1990, las áreas sin rellenar corresponden a las nuevas áreas agrícolas para 2001. El área de traslape entre los tres periodos da una superficie de 90 ha; áreas que se cultivaban ya en 1976 y, en 2001, eran utilizadas para agricultura, seguramente con periodos de descanso intermedios.

Aún cuando la superficie desmontada en este segundo periodo (1990-2001) fue inferior a la del anterior (1976-1990), se continuó eliminando áreas de pastizales nativos del ejido, desmontando a un ritmo de 24.3 ha por año.

Comparando las hectáreas promedio de pastizal nativo desmontadas para agricultura entre los períodos de 1976-1990 y 1990-2001, se puede percibir que en el segundo periodo se presenta una desaceleración en la superficie anual desmontada, siendo la misma, de aproximadamente la mitad de la evidenciada para el primer periodo.

En el año de 2006, para el área de estudio, se cuantificaron 1027.37 ha desmontadas con fines agrícolas (Figura 4.7); de las cuales 572.64 ha habían sido abiertas al cultivo en años anteriores y 454.73 ha correspondían a pastizal natural (Figuras 4.8 y 4.9). En el transcurso de los 5 últimos años evaluados (2001-2006) se eliminó un promedio de 91 ha por año de pastizal nativo.

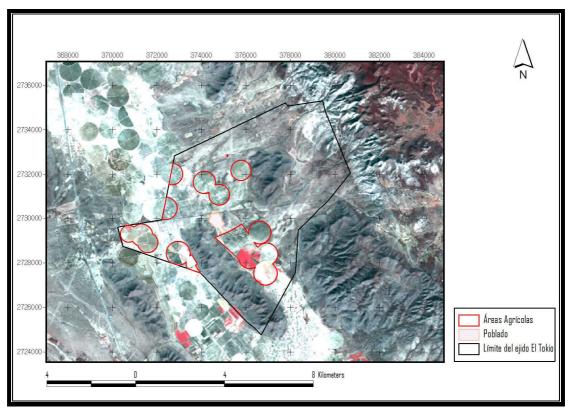


Figura 4.7.- Imagen Landsat 5TM (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2006.

En la Figura 4.7 se muestran delimitadas en color rojo las áreas agrícolas correspondientes al año de 2006, las cuales representan el 58% de la superficie total de pastizal natural del ejido. En la Figura se observa también que las áreas cultivadas presentan, en su mayoría, la forma circular característica del tipo de riego de pivote empleado en la región. Esto coincide con lo reportado por PNE y TNC (2007), donde se indica que para el 2005 el 80% de los habitantes del área a la que pertenece el ejido "El Tokio", se dedicaban o estaban relacionados con la agricultura tecnificada.

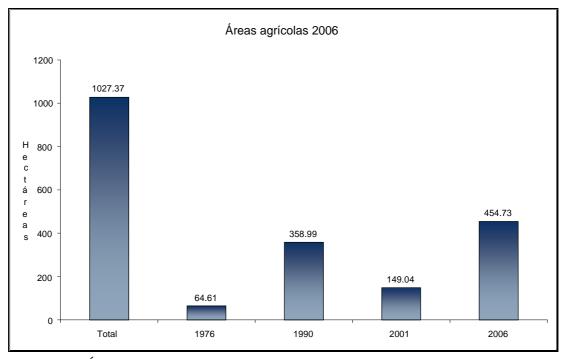


Figura 4.8.- Áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" para el año de 2006.

En la Figura 4.8 se muestran comparativamente las áreas agrícolas totales para el año 2006 (1027.37 ha), con el desglose de áreas reutilizadas en los diferentes años considerados en el presente estudio; del total de superficie agrícola para el citado año, el 6% (64.61 ha) eran áreas que ya habían sido abiertas al cultivo para el año de 1976, el 35% (358.99 ha) son reutilizadas desde 1990 y el 15% (149.04 ha) ya eran usadas con estos fines para 2001, siendo el 44% (454.73 ha) superficie de pastizal abierta por primera vez al cultivo para el 2006.

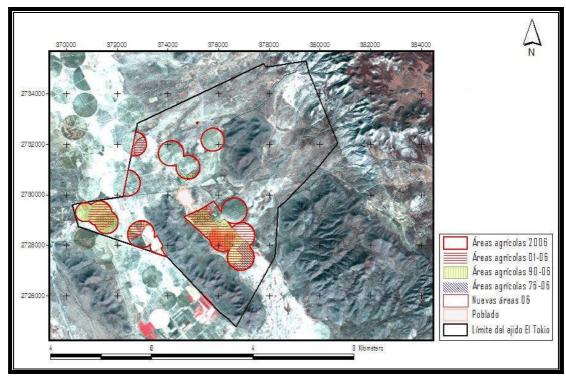


Figura 4.9.- Imagen Landsat 5TM (4,3,2) con la delimitación de las áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" correspondientes al año de 2006 y áreas de traslape con años anteriores.

En la Figura 4.9 se muestran delimitadas en color rojo las áreas agrícolas para el 2006, la superficie marcada con líneas rojas horizontales corresponde a áreas ya utilizadas para el 2001, mientras que las líneas verdes señalan áreas utilizadas para 1990 y las diagonales azules indican áreas agrícolas utilizadas desde 1976; la superficie que aparece sin relleno corresponde a las nuevas áreas agrícolas para el 2006.

Aún que es notable la superficie reutilizada en los diferentes años, es claro observar que casi la mitad de las áreas agrícolas, para el año de 2006, correspondía anteriormente a pastizal natural, es decir, se abrió al cultivo una superficie considerable, lo anterior pese a que por parte de la SEMARNAT no se otorgan permisos para cambio

de uso de suelo en esta zona por ser un área que alberga especies prioritarias de conservación como el perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) y el águila real (*Aquila chrysaetos*) (CONABIO, 2008).

Las áreas agrícolas totales, utilizadas en cada año del presente estudio, se muestran en la Figura 4.10. Entre los años de 1976 y 1990 se aprecia un notable incremento en la superficie catalogada como área agrícola, esto obedece a lo comentado con anterioridad respecto al incremento en el cultivo de papa presentado en los años 80's (PNE y TNC, 2007) en cuya época la superficie dedicada al mismo aumentó considerablemente (Guadarrama, 2002a), de 217.01 ha para 1976 a 872.61 ha para 1990, representando un incremento aproximado del 400% en este periodo.

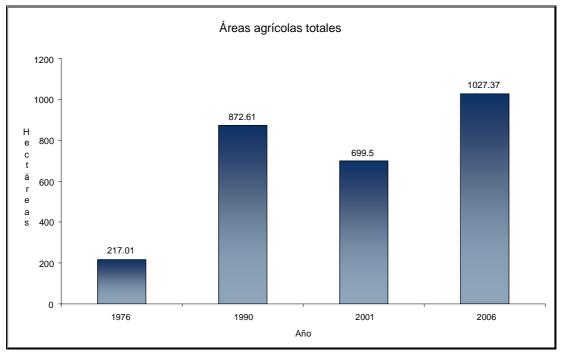


Figura 4.10.- Áreas agrícolas en el ejido "El Tokio" para los cuatro años considerados en el presente estudio (1976, 1990, 2001 y 2006).

Así mismo, en la figura anterior, se puede apreciar una tendencia en aumento al cambio de uso de suelo de pastizal natural a áreas agrícolas, excepto por el año de 2001, para el cual se registra una disminución de las áreas agrícolas con respecto al año anteriormente analizado (1990). Es probable que esta disminución en la superficie destinada a la agricultura se haya debido a que, alrededor de 1995, se presentaron una serie de condiciones que comprometieron de manera importante la producción de papa en la región, el principal problema al que se enfrentaron los productores en ese entonces fue un incremento en la incidencia de la enfermedad provocada por una plaga en los cultivos de papa, llamada punta morada, misma que afecta en gran medida los rendimientos (comunicación personal de los ejidatarios).

Esta enfermedad afectó la mayoría de los cultivos establecidos, provocando con ello grandes pérdidas de cosechas, así como cuantiosas pérdidas económicas. Debido a estos acontecimientos, la mayoría de los involucrados no sembraron nuevamente debido a la falta de recursos. Pese a lo anterior, la agricultura no se suspendió por completo, por el contrario, una vez que se controló la plaga, la actividad agrícola en el área de estudio se reactivó a un ritmo acelerado de 91ha de pastizal nativo desmontadas anualmente durante el último periodo de 5 años considerado (2001-2006) en el presente estudio.

Es importante recalcar que bajo ninguna circunstancia y pese a los problemas con plagas y financieros que en un momento dado disminuyeron la superficie agrícola habilitada en ciertos años, nunca se dejaron de abrir áreas de pastizal para convertirlas en áreas agrícolas, en primera instancia, porque a fin de disminuir en cierta medida la ocurrencia de la citada plaga buscaron aminorar las probabilidades de que se presentase el problema, estableciendo el cultivo en áreas nuevas, así como por la búsqueda de mejores rendimientos al tener un suelo "nuevo" sin el desgaste de anteriores siembras, lo

que coincide con lo reportado con PNE y TNC (2007), quienes enfatizan la nula sostenibilidad de las prácticas agrícolas realizadas en el área.

Aun y cuando existen estudios donde se reporta que el desarrollo urbano y algunas actividades humanas no afectan a ciertas especies de vida silvestre en hábitats remanentes (Markovchick-Nicholls *et al.*, 2008); no es el caso para las especies y el tipo de vegetación de la región de "El Tokio" debido a que en esta área se observa una reducción del hábitat de las especies; además en el citado estudio se especifica que los hábitats remanentes urbanos ayudan a conservar la biodiversidad, siempre y cuando el tamaño del fragmento sea grande, situación que desafortunadamente no se presenta en el área del actual estudio.

Los resultados de presente estudio indican que la superficie dedicada a la práctica agrícola va en incremento, pese a la negativa de las instituciones gubernamentales hacia el otorgamiento de permisos de cambio de uso de suelo para el área de estudio, así como a los problemas fitosanitarios y de descapitalización ocurridos en el lugar. En este trabajo se hace numéricamente evidente el avance de la agricultura disminuyendo con esto la superficie de pastizal natural, el cual es hábitat de un alto número de especies, tanto animales como vegetales, que se encuentran catalogadas como especies que deben conservarse de acuerdo a la NOM-059-ECOL-2001. Lo anterior coincide con diferentes estudios realizados en la región (Scott-Morales y Estrada, 1999; Guadarrama, 2002a; Guadarrama, 2002b; Scott-Morales *et al.*, 2004; McCready *et al.*, 2005; ABC, 2005; PNE y TNC, 2007; CONABIO, 2008) en los que se afirma también que la agricultura mal planificada es la principal causa de la degradación del pastizal natural, así como la principal amenaza para ciertas especies animales que dependen de dicho ecosistema.

4.2 CONTAMINACIÓN POR AGROQUÍMICOS

Para la interpretación de los resultados de este estudio es importante considerar la especificación manejada en el mismo, la cual nos marca que los valores mayores a 0.04375ppm (es decir 10 veces menores al Nivel 5 (0.4375) de la curva) son considerados como puntos contaminados por presencia de Paratión Metílico; de lo contrario, si el valor mostrado en la tabla es menor a 0.04375ppm, se considera que la muestra está libre de Paratión Metílico. Los resultados obtenidos para cada muestra de suelo colectada se muestran a continuación

En el Cuadro 4.1 se observan los resultados de las muestras de suelo colectadas en el primer transecto (Línea 1) a las distancias y profundidades señaladas. Todas las muestras de suelo correspondientes a la Línea 1 reportan valores por debajo de la especificación considerada, por lo que no se reporta presencia del plaguicida Paratión Metílico; debido a lo anterior se considera que en la Línea 1 no hay contaminación por el agroquímico anteriormente citado para ninguna de las 6 profundidades.

Cuadro 4.1.- Resultados del análisis cromatográfico para las muestras de suelo de la Línea 1, en el sitio seleccionado.

Línea 1	Distancia					
Profundidad	1 (interior)	2 (10 m)	3 (20 m)	4 (20 m)	5 (20 m)	
1 (0-5 cm)	0.0055	0.0036	0.0018	0.0024	0.0048	
2 (5-10 cm)	0.0035	0.004	0.0077	0.0028	0.0046	
3 (10-15 cm)	0.0034	0.0081	0.0066	0.0016	0.0028	
4 (15-20 cm)	0.0079	0.0027	0.0049	0.0018	0.0051	
5 (20-25 cm)	0.0025	0.0031	0.0068	0.0016	0.0023	
6 (25-30 cm)	0.0057	0.0018	0.0008	0.0032	0.0042	

Tampoco en las muestras de suelo de la Línea 2 se detectó presencia del plaguicida analizado. Los resultados de las muestras estuvieron por debajo de los valores

especificados, tanto para las 5 distancias, como para las seis profundidades consideradas en este estudio (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2.- Resultados del análisis cromatográfico para las muestras de suelo de la Línea 2, en el sitio seleccionado.

Línea 2	Distancia					
Profundidad	1 (interior)	2 (10 m)	3 (20 m)	4 (20 m)	5 (20 m)	
1 (0-5 cm)	0.0022	0.0037	0.0032	0.0027	0.0029	
2 (5-10 cm)	0.0024	0.0011	0.0042	0.0034	0.0013	
3 (10-15 cm)	0.0018	0.0066	0.0017	0.0021	0.0015	
4 (15-20 cm)	0.003	0.002	0.0033	0.0026	0.0019	
5 (20-25 cm)	0.0019	0.0016	0.0016	0.0101	0.0013	
6 (25-30 cm)	0.0026	0.0032	0.0028	0.0027	0.003	

En el Cuadro 4.3 se observan los resultados de las muestras de suelo colectadas para la Línea 3 y sus diferentes distancias así como para las seis profundidades consideradas. En dicho Cuadro, podemos apreciar que, al igual que en las Líneas anteriores, los análisis reportan valores por debajo de la especificación considerada, indicando la ausencia del plaguicida Paratión Metílico.

Cuadro 4.3.- Resultados del análisis cromatográfico para las muestras de suelo de la Línea 3, en el sitio seleccionado.

Línea 3	Distancia					
Profundidad	1 (interior)	2 (10 m)	3 (20 m)	4 (20 m)	5 (20 m)	
1 (0-5)	0.003	0.0034	0.0032	0.0025	0.0021	
2 (5-10)	0.0041	0.0035	0.002	0.0109	0.0024	
3 (10-15)	0.003	0.0151	0.0028	0.0024	0.0057	
4 (15-20)	0.0018	0.0023	0.0027	0.0017	0.0031	
5 (20-25)	0.0016	0.0019	0.0031	0.0014	0.0028	
6 (25-30)	0.0052	0.0016	0.0017	0.0058	0.0028	

Para cada corrida realizada se incluyeron 3 blancos (suelo, cristalería y reactivos), mismos que mostraron valores no detectables y por debajo de la especificación, lo cual indica que no hubo contaminación de las muestras durante los procesos de extracción y limpieza de las mismas.

Es importante destacar que el porcentaje de recobros obtenido mediante el método desarrollado fue de entre 74 y 100%, mismo que es, por mucho, superior o similar a los porcentajes de recuperación reportados en trabajos anteriores en matriz suelo para el plaguicida Paratión Metílico (Schutzmann *et al.*, 1971; Agishev *et al.*, 1977; Garrido y Monteoliva, 1981; Wegman *et al.*, 1984 y Kjoelholt, 1985; citados por IPCS, 1993).

A pesar de que el método de extracción y análisis de suelo para la identificación de presencia de Paratión Metílico resultó ser efectivo, no se encontraron cantidades del plaguicida que representen contaminación en el área de estudio, aún cuando se tuvo evidencia de la gran cantidad de este plaguicida que se aplicó en el área evaluada. Esto se debió, probablemente, a que el Paratión Metílico, al ser un plaguicida organofosforado, es biodegradado por diversos organismos; además es un compuesto sujeto a reacciones químicas de degradación como la hidrólisis, haciendo poco probable su acumulación en suelo y, en determinado caso, se llegan a detectar sólo cantidades ínfimas del mismo (Brady y Weil, 2002). Sin embargo, Gonçalves y Alpendurada (2005), reportaron la presencia de dimetoato, plaguicida orgnofosforado, en suelos bajo agricultura intensiva, en un área de Póvoa de Varzim, al norte de Portugal.

El plaguicida Paratión Metílico suele tener una vida media en suelo relativamente corta, la cual varía entre 1 a 30 días (INE, 2008); por lo cual las muestras para este

estudio fueron colectadas a los 8 días posteriores a la última aplicación y almacenadas adecuadamente para su análisis.

Aunado a los anteriores análisis, se tomaron muestras de suelo para la determinación de la densidad aparente, textura del suelo, pH, salinidad y materia orgánica, necesarios para cada uno de los puntos del muestreo (Egli *et al.*, 2003). Los resultados de dichos análisis se muestran a continuación.

Las densidades aparentes obtenidas en el sitio seleccionado, para cada uno de los puntos muestreados en las tres líneas se muestran en el Cuadro 4.4. Para esta característica física del suelo, se tomaron únicamente 4 de las 5 distancias en cada línea, debido a que el primer punto (distancia 1) se ubicaba dentro de las áreas agrícolas y la estimación de su densidad aparente hubiera sido irrelevante al haber sido rastreada el área.

Cuadro 4.4.- Densidad aparente (gr cm⁻³) del suelo para cada punto en el sitio de muestreo seleccionado.

LÍNEA/DISTANCIA	D2	D3	D4	D5
L1	0.777	0.821	0.826	1.095
L2	0.853	0.834	0.889	0.808
L3	0.924	0.838	0.806	0.818

Los datos de textura de suelo, materia orgánica, pH y conductividad eléctrica se tomaron de muestras de suelo para cada uno de los 5 puntos considerados por línea (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5.- Textura de suelo, materia orgánica, pH y conductividad eléctrica para cada punto muestreado.

PUNTO	TEXTURA DE SUELO	M.O. (%)	рН	C.E. (mS cm ⁻¹)
L1 D1	Franca limosa fina	1.56	7.66	1.95
L1 D2	Franca limosa fina	1.88	7.75	1.99
L1 D3	Franca limosa fina	0.97	7.77	2.00
L1 D4	Franca limosa fina	1.33	7.74	2.03
L1 D5	Franca limosa fina	1.77	7.64	2.08
L2 D1	Franca limosa fina	0.93	7.80	1.97
L2 D2	Franca limosa fina	1.41	7.82	2.13
L2 D3	Franca limosa fina	1.68	7.81	2.04
L2 D4	Franca limosa fina	1.36	7.82	2.08
L2 D5	Franca limosa fina	1.18	7.83	2.03
L3 D1	Franca limosa fina	2.04	7.77	2.02
L3 D2	Franca limosa fina	1.56	7.83	2.07
L3 D3	Franca limosa fina	1.43	7.90	2.04
L3 D4	Franca limosa fina	1.65	7.81	2.10
L3 D5	Franca limosa fina	1.25	7.79	2.09

Los resultados de los análisis muestran que el suelo de los sitios de muestreo presentan un pH que va de 7.64 a 7.90 lo que los cataloga como alcalinos, condición que favorece la degradación del plaguicida Paratión Metílico (IPCS, 1993).

Así mismo, se obtuvieron resultados que muestran cantidades significativas en cuanto a presencia de sales, esto para la mayoría de los puntos muestreados, lo que se suma a las anteriormente citadas condiciones que favorecen la descomposición del plaguicida analizado, influyendo de manera positiva en la hidrólisis del compuesto (IPCS, 1993).

Además, la incidencia de los rayos del sol en el desprotegido suelo del área, promueve la descomposición del compuesto por medio de los rayos ultravioleta (IPCS, 1993), así como por el proceso de fotólisis al que es susceptible el plaguicida considerado en el presente estudio (INE, 2008).

A pesar de no haber encontrado cantidades significativas del plaguicida Paratión Metílico que impliquen contaminación en el suelo a causa del mismo, no significa que el empleo de éste no pueda ocasionar daños a la fauna del lugar e incluso a los mismos ejidatarios ya que el citado plaguicida es extremadamente tóxico (Brady y Weil, 2002; IPCS, 2002). Además, es fácilmente absorbido por cualquier vía de exposición (IPCS, 2002) de manera que si no se toman en cuenta las medidas de seguridad apropiadas, puede ocasionar intoxicaciones en humanos que van de leves a severas según el grado de exposición. En lo que respecta a la probable exposición de la fauna del lugar a este plaguicida, resulta ser evidente debido a que, aún sobre las madrigueras habitadas por algunas especies como el perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) son establecidas las áreas agrícolas; mismas que son rociadas por grandes cantidades de agroquímicos (PNE y TNC, 2007), entre ellos el considerado en la presente investigación (Figura 4.11).



Figura 4.11. Área agrícola abierta recientemente sobre madrigueras activas de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*).

Además el Paratión Metílico es un insecticida no selectivo que mata por igual especies plaga como especies benéficas (IPCS, 1993), lo que resulta en un riesgo para la pérdida de insectos que pueden fungir como polinizadores tanto de los mismos cultivos como de la vegetación natural del lugar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al analizar las imágenes de satélite correspondientes a los años 1976, 1990, 2001 y 2006, se concluye que la superficie de pastizales halófitos y gipsófilos del área de estudio continua destruyéndose para abrir nuevas áreas a la agricultura. De 1976 a 1990 el incremento en la superficie dedicada a la actividad agrícola fue de 50ha por año. De 1990 a 2001, se presentó una disminución del área dedicada a dicha actividad con respecto al periodo anterior, aún cuando anualmente se desmontaron 24.3 ha. Para 2006, la superficie agrícola sufre un incremento considerable a razón de 91 ha por año, de manera que supera la superficie cuantificada para 1990, así como las tasas de desmonte anteriores, confirmando así la tendencia en aumento de este uso de suelo y por ende la disminución de la superficie de pastizal natural.

De la superficie total de pastizal natural del ejido (1782.46 ha), un 49% era destinado a la agricultura en 1990, mientras que para el 2006 se incrementó a un 58%, representando un crecimiento de casi 10% del área. Para todos los años considerados en la presente investigación, se identificaron distintos porcentajes de áreas agrícolas reutilizadas, así como nuevas áreas de pastizal abiertas al cultivo.

Resulta evidente el crecimiento de las áreas dedicadas a la actividad agrícola en el ejido "El Tokio" a través de los años, pese a los inconvenientes fitosanitarios y económicos que han tenido que sortear los productores; así mismo se puede apreciar que la apertura de nuevas áreas es una constante que trae consigo la reducción de los pastizales nativos, los cuales tienen una gran importancia ecológica y de conservación al ser hábitat de especies de fauna que se encuentran en diferentes categorías de conservación.

La hipótesis planteada para la presente investigación, donde se afirma que las áreas de pastizal han sido impactadas debido a la apertura de tierras para la agricultura en el área de estudio, es confirmada por los resultados obtenidos en este trabajo.

Este estudio es el primero en evaluar, cuantitativamente, la pérdida del pastizal nativo, tanto en forma acumulada como la tasa anual de desmonte, en un área del Altiplano Mexicano, para permitir el avance de la frontera agrícola intensiva practicada en la región. Esta información proporciona, así mismo, un entendimiento de la dinámica multitemporal del cambio de uso de suelo en el área.

En lo que respecta al empleo de agroquímicos en el área de estudio y la posible contaminación debido a los mismos, se concluye que no existe contaminación del suelo debido al plaguicida Paratión Metílico y se considera que la corta vida media del mismo, aunado a las condiciones físicas y químicas del suelo, así como las características meteorológicas imperantes en el lugar, contribuyeron en gran medida a la pronta descomposición del agroquímico y con ello a las bajas concentraciones encontradas mediante el análisis realizado. También se concluye que la metodología analítica empleada para determinar presencia de Paratión Metílico en suelo presenta porcentajes de recuperación aceptables para esta investigación en particular.

Debido a lo anterior la hipótesis planteada para la presente investigación, donde se afirma que los suelos aledaños a las áreas agrícolas presentan contaminación por los plaguicidas aplicados a éstas, es rechazada para el agroquímico analizado: Paratión Metílico, esto en función de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

No obstante, se reconoce la peligrosidad del Paratión Metílico al ser clasificado como extremadamente tóxico (IPCS, 2002), y al evidenciarse el alto riesgo de

exposición accidental al que se enfrentan los agricultores y la fauna que habita en el área. Además el hecho de ser un insecticida no selectivo (IPCS, 1993), implica posibles problemas que pueden afectar la dinámica del ecosistema.

Es recomendable frenar en lo posible el cambio de uso de suelo, con el fin de evitar el avance de la frontera agrícola y la disminución de la superficie de pastizal remanente en el área de estudio; para lograr lo anterior se deben considerar los aspectos social, económico, legal y ecológico en conjunto, ya que si no se toma en cuenta la interacción de éstos, el tratar de implementarlos por separado llevaría al fracaso total; un claro ejemplo de esto es la negativa de permisos en cuanto cambios de uso de suelo por parte del gobierno federal, iniciativa que el presente trabajo evidencia como infructuosa ya que a pesar de dicha acción se siguen abriendo áreas agrícolas aun sin el permiso correspondiente, principalmente por que los ejidatarios creen no tener opción.

La mejor manera de llevar a cabo la conservación de las áreas de pastizal natural es, además de establecer y ejecutar políticas conservacionistas, hacerles llegar a los productores del ejido "El Tokio" una serie de alternativas económicas viables que se puedan poner en práctica aprovechando el alto potencial de organización que tienen y la apertura que recientemente han mostrado hacia otras vías de producción, entre las que consideran el volver a cultivos anteriormente practicados como maíz y trigo, mismos que reducirían en gran medida los costos de producción, al invertir menos capital para la compra de agroquímicos, lo que beneficia al ambiente por reducir el riesgo de contaminación y aumentaría la reutilización de áreas agrícolas disminuyendo con ello, la apertura de nuevas superficies de pastizal.

La disposición de los ejidatarios hacia nuevas alternativas de producción, se debe a que ellos mismos se han dado cuenta de la nula sostenibilidad de la agricultura que han estado practicando en los últimos años. Esta situación se debe aprovechar de manera positiva ya que como Harvey *et al*. (2008) mencionan, la conservación requiere de alianzas entre conservacionistas, agricultores y manejadores, así mismo se debe trabajar en conjunto para encontrar la manera de llevar a cabo una agricultura sustentable que vaya de la mano con la conservación, mitigando en la medida de lo posible los impactos adversos que las actividades humanas puedan tener en el ecosistema.

LITERATURA CITADA

- ABC (American Bird Conservancy). 2005. Mexican Grasslands Appeal: Savingt the Saltillo Savanna. In: Bird Conservation. The Magazine of American Bird Conservancy. American Bird Conservancy. En línea disponible: http://www.abcbirds.org/MagSummer05.pdf
- Agishev, M. K., Tsukerman, V. G., Kutsenko, A. A. 1977. Methods for determining pesticide residues in soil. Khim. sel'sk. Khoz 15: 52-54.
- Aguilar, C., Martínez E., Arriaga L. 2008. Deforestación y fragmentación de ecosistemas, ¿Qué tan grave es el problema en México?. En línea disponible: http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_español/doctos/deforestacion.ht ml
- Alfaro, B. J. M., Gress, N. K. J., Reina, L. I. D. 2004. Estudio comparativo de la extracción de pesticidas organoclorados en suelos por medio de las técnicas de ultrasonido y microondas. Trabajo de Investigación: desarrollo analítico carrera L.Q.I. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L., México.
- Altamirano, A., Echeverría, C., Lara, A. 2007. Efecto de la fragmentación forestal sobre la estructura vegetacional de las poblaciones amenazadas de Legrandia concinna (Myrtaceae) del centro-sur de Chile. Revista chilena de historia natural 80(1): 27-42. En línea disponible: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2007000100 003&lng=es&nrm=iso

- Aragón, R., Oesterheld, M. 2008. Linking vegetation heterogeneity and functional attributes of temperate grasslands through remote sensing. Applied Vegetation Science 11(1): 117-130.
- Bonnieux, F., Carpentier A., Weaver, R. 1998. Reducing soil contamination: economic incentives and potential benefits. Agriculture, Ecosystems & Environment 67(2-3): 275-288.
- Brady, N. C., Weil, R. R. 2002. The nature and properties of soils. Ed. Prentice Hall. Décimo tercera edición. New Jersey, EUA. 960pp.
- Bustamante, R., Grez, A. A. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. Ambiente y Desarrollo 11(2): 58-63.
- Castillo, A. E., Oggero, R., Rodríguez, S. C., Subovsky M. J. 2004. Persistencia y movilidad de carbamato en columnas de suelo. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. En línea disponible: http://www.unne.edu.ar/web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-065.pdf
- Castillo, A. E., Rojas, J. M., Montero S. R. I., Nardelli, J. I., Guasch, G. 2002. Metodologías usadas para la determinación de Carbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetilbenzofuran-7-il metilcarbamato) en muestras de distinto origen. Química Orgánica y Biológica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. En línea disponible: http://www.unne.edu.ar/cyt/ 2002/05-Agrarias/A-030.pdf

- Cayuela, L. 2006. Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles. Ecosistemas 15(3). En línea disponible: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=438.
- CONABIO. 2008. Regiones Terrestres Prioritarias de México: Tokio. En línea disponible: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rtp_080.pdf.
- Custer, T. W., Ohlendorf, H. M. 1989. Brain cholinesterase activity of nesting great egrest, snowy egrets and black-crowned night-herons. Journal of Wildlife Diseases 25(3): 359-363.
- Dagan, S. 2000. Comparison of gas chromatography–pulsed flame photometric detection–mass spectrometry, automated mass spectral deconvolution and identification system and gas chromatography–tandem mass spectrometry as tools for trace level detection and identification. Journal of Chromatography A 868(2): 229-247.
- David, M. D., Seiber, J. N. 1999. Accelerated hydrolysis of industrial organophosphates in water and soil using sodium perborate. Environmental pollution, 105(1): 121-128.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-59-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de

- Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Segunda Sección: 1-85, México, D. F., México.
- Egli, H., Dassenakis, M., Garelick, H., Van Grieten, R., Peijnenburg, W. J. G. M., Klasinc, L., Cordel, W., Priest, N., Tavares, T. 2003. Minimum Requirements for reporting analytical data for environmental samples. IUPAC Technical Report. International Union of Pure and Applied Chemistry. Pure Appl. Chem. 75(8): 1097-1106.
- Enciclopedia Hispánica. 1999. Encyclopedia Britanica Publishers. Macropedia Vol. 4. Kentucky, EUA.
- Emch, M., Quinn, J. W., Peterson, M., Alexander, M. 2005. Forest Cover Change in the Toledo District, Belize from 1975 to 1999: A Remote Sensing Approach. The Professional Geographer 57(2): 256-267.
- Forrest, J. L., Sanderson, E. W., Wallace, R., Lazzo, T. M. S., Cerveró, L. H. G., Coppolillo, P. 2008. Patterns of Land Cover Change in and Around Madidi National Park, Bolivia. Biotropica 40(3): 285-294.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Tercera edición. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F.
- Garrido, S. J. J., Monteoliva, H. M. 1981. Qualitative and quantitative determination of residues of diazinon, dimethoate, ethion, malathion, methyl parathion and parathion in soil extracts by thin-layer chromatography, and confirmation with gas chromatography. An. Edafol. Agrobiol., 40: 1787-1798.

- González, S. F. N. 1990. El perro de las prederas mexicano (Cynomys mexicanus Merriam, 1892) en el Noreste de México. Desarrollo de un modelo para la evaluación de su hábitat. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Ludwig-Maximilian. Munich, Alemania.
- Gonçalves, C., Alpendurada, M. F. 2005. Assessment of pesticide contamination in soil samples from an intensive horticulture area, using ultrasonic extraction and gas chromatography-mass spectrometry. Talanta 65:1179-1189.
- Guadarrama, E. E. 2002a. Uso de mecanismos de conservación mediante la compra de tierras o servidumbres en la región de El Tokio, México. Informe final. PRONATURA y The Nature Conservancy®.
- Guadarrama, E. E. 2002b. Proyecto: "Red de sitios para la conservación de aves migratorias en los pastizales del Norte de México". Reporte técnico. PRONATURA Noreste A.C. En línea disponible: http://www.conabio.gob.mx/otros/nabci/doctos/pdf/redvesPRONATURAchi%20 1.pdf
- Harvey, C. A., Komar, O., Chazdon, N., Ferguson, B. G., Finegan, B., Griffith, D. M.,
 Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., Van Breugel, M.,
 Wishnie, M. 2008. Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican Hotspots. Conservation Biology 22(1): 8-15.
- Hunt, K. A., Hooper, M. J., Littell, E. E. 1995. Carbofuran poisoning in herons: diagnosis using cholinesterase reactivation techniques. Journal of Wildlife Diseases 31(2): 186-192.

- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2008. Datos de identificación: Paratión Metílico. En línea disponible: http://www.ine.gob.mx/dgicurg/plaguicidas/pdf/paration_metilico. pdf.
- INEGI. 1976. Carta uso de suelo y vegetación San José de Raíces G14C66. Escala 1:50,000. Primera edición. México, D. F.
- INEGI. 1977. Carta edafológica San José de Raíces G14C66. Escala 1:50,000. Primera edición. México, D. F.
- INEGI. 1986. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. México, D. F.
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 1993. Environmental Health Criteria 145; Methyl Parathion; Geneva, World Health Organization (WHO), 244pp.
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 2002. The WHO recommended clasification of pesticides by hazard and guidelines to clasification 2000-2002. International Programme on Chemical Safety (IPCS), Inter-Organization Programme for the Sound Managemen Chemicals (IOMAC), a cooperative agreement among UNEP, ILO, FAO, WHO, UNIDO, UNITAR & OECD. 58pp.
- Jepson, W. 2005. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. The Geographical Journal 171(2): 99–111.

- Kerr, J. T., Chilar, J. 2003. Land use and cover with intensity of agriculture for Canada from satellite and census data. Global Ecology and Biogeography. 12 (2): 161–172.
- Kerr, J. T., Deguise, I. 2004. Habitat loss and the limits to endangered species recovery. Ecology Letters 7(12): 1163–1169.
- Kettle, N., Harrington, L., Harrington, J. 2007. Groundwater Depletion and Agricultural Land Use Change in the High Plains: A Case Study from Wichita County, Kansas. The Professional Geographer 59(2): 221–235.
- Khawlie, M., Shaban, A., Abdallah, Ch., Darwish, T., Kawass, I. 2005. Watershed characteristics, land use and fabric: The application of remote sensing and geographical information systems. Lakes & Reservoirs: Research & Management 10(2): 85–92.
- Kjoelholt, J. 1985. Determination of trace amounts of organophosphorus pesticides and related compounds in soils and sediments using capillary gas chromatography and a nitrogen-phosphorus detector. J. Chromatogr., 325: 231-238.
- Kwon, Y. K., Wee, S. H., Kim, J. H. 2004. Pesticide poisoning events in wild birds in Korea from 1998 to 2002. Journal of Wildlife Diseases 40(4): 737-740.
- Lambin, E. F. 1999. Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. Global Ecology and Biogeography., 8(3-4): 191–198.

- Lara, G. 2008. Plaguicidas en la biodiversidad del suelo: su comportamiento como contaminantes. En línea disponible: http://www.biociencias.org/odisea/ plaguicidas/
- Markovchick-Nicholls, L., Regan, H. M., Deutschman, D. H., Widyanata, A., Martin, B., Noreke, L., Hunt, T. A. 2008. Relationships between human disturbance and wildlife land use in urban habitats fragments. Conservation Biology 22(1): 99-109.
- McCready, B., Mehlman, D., Kwan, D., Abel, B. 2005. The Nature Conservancy's Prairie Wings Project: A Conservation Strategy for the Grassland Birds of the Western Great Plains. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. 1158-1161. En línea disponible: http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/Asilomar/pdfs/1158-1161.pdf
- Milder, J.C., Lassoie, J. P., Bedford, B. L. 2008. Conserving Biodiversity and Ecosystem Function through Limited Development: an Empirical Evaluation. Conservation Biology 22(1): 70-79.
- Pando, M. M. 2001. Consideraciones generales para la evaluación de los suelos en el campo. Cuaderno de divulgación No. 5. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Linares, N. L. 32pp.
- Poppenga, R. H., Ziegler, A. F., Habecker, P. L., Singletary, D. L., Walter, M. K., Miller, P. G. 2005. Zinc phosphide intoxication of wild turkys (Meleagris gallopavo). Journal of Wildlife Diseases 41(1): 218-223.

- Prijono, W. B., Leighton, F. A. 1991. Parallel measurement of brain acetylcholinesterase and the muscarinic cholinergic of acute, lethal poisoning by anticholinesterase pesticides. Journal of Wildlife Diseases 27(1): 110-115.
- Pronatura Noreste, A.C., The Nature Conservancy (compiladores). 2007. Plan de conservación de los pastizales del Altiplano Mexicano 2006 2010: Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Monterrey, N.L., México. 171pp.
- Raines, J. C., Grogan, J., Hung I-Kuai, James, K. 2008. Multitemporal analysis using Landsat Thematic Mapper (TM) bands for forest cover classification in East Texas. Southern Journal of Applied Forestry 32(1): 21-27.
- Richter, B. E., Hoefler, F., Linkerhaegner, M. 2001. Determining organophosphorus pesticidas in food using accelerated solvent extraction with large simple sizes. LCGC Vol. 19, No. 4. En línea disponible: www.chromatograpyonline.com.
- Sánchez, L. E. 2000. Impactos Sobre Los Ecosistemas. En: Notas de clases dictadas en el II Curso Internacional de Aspectos Geologicos De Proteccion Ambiental. UNESCO-UNICAMP. Brasil. 322-331pp. En línea disponible: http://www.unesco.org.uy/geo/Campinaspdf/23ecosistemas.pdf
- Santos, T., Tellería, J. L. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas 15(2): 3-12.
- Scharlemann, J. P. W., Green, R. E., Balmford, A. 2004. Land-use trends in Endemic Airds Areas: global expansion of agriculture in areas of high conservation value. Global Change Biology 10: 246-251.

- Schutzmann, R. L., Woodham, D. W., Collier, C. W. 1971. Removal of sulfur in environmental samples prior to gas chromatographic analysis for pesticide residues. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 54: 1117-1119.
- Scott, M. L. M. 1984. Taxonomía y relación con los cultivos, de roedores y lagomorfos, en el ejido El Tokio, Galeana, Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N. L. México.
- Scott-Morales, L., Estrada, A. E. C. 1999. Distribución y estado actual del perro de las praderas (Cynomys mexicanus Merriam) en el altiplano Mexicano. Reporte Final No. PP09. Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wildlife Found).
- Scott-Morales, L., Estrada, E., Chávez-Ramírez, F., Cotera, M. 2004. Continued decline in geographic distribution of the mexican prairie dog (Cynomys mexicanus). Journal of Mammalogy 58(6): 1095-1101.
- Scott-Morales, L., Estrada, E., Cotera, M. 2006. Estado actual de las colonias de perro llanero (Cynomys mexicanus) en el Altiplano Mexicano. Reporte SEMARNAT-CONACYT C01-700.
- Singh, B. K., Walker, A., Morgan, J. A. W., Wright, D. J. 2004. Biodegradation of Chlorpyrifos by Enterobacter Strain B-14 and its use in bioremediation of contaminated soils. Applied and Environmental Microbiology 70(8): 4855-4863.

- Skole, D., Tucker, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. Science 260: 1905-09. En línea disponible: http://www.ciesin.columbia.edu/docs/002-115/002-115.html
- Small, M. F., Pruett, C. L., Hewitt, D. G., Hellgren, E. C., Perrigo, G. H., Waggerman,G. L. 1998. Cholinesterase activity in white-winged doves exposed to methyl parathion. Journal of Wildlife Diseases 34(4): 698-703.
- Smith, M. R., Thomas, N. J., Hulse, C. 1995. Application of brain cholinesterase reactivation to differentiate between organophosphorus and carbamate pesticide exposure in wild birds. Journal of Wildlife Diseases 31(2): 236-267.
- Sogorb, S. M. A., Vilanova, E. G. 2004. Técnicas analíticas de contaminantes químicos, aplicaciones toxicológicas, medioambientales y alimentarias. Ed. Diaz de Santos. España.
- Soto-Cordoba, S. M., Baeza, J., Freer, J. 2001. Soxhlet extraction of pentachlorophenol from soil with i situ derivatization. Boletín de la Sociedad Chilena de Química 46(2): 179-185.
- Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Rio Carvalho, C., de Snoo, G. R., Eden, P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63(4): 337-365.
- US EPA. 1994. Method 8141A: Organophorphorus compounds by gas chromatography: capillary column technique. U.S. Environmental Protection Agency. En línea

- disponible:http://www.accustandard.com/asi/pdfs/epa_methods/8141a.pdf?PHPS ESSID=cf4397e307469af11354af21e9dfaada
- US NML (United States National Library of Medicine). 2008. ChemIDplus Advanced. En línea disponible: http://chem2.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/
- Valladares, F., Peñuelas, J., de Luis, E. 2005. Impactos sobre los ecosistemas terrestres. En Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático (coord. Moreno, J. M.), 65-112. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. En línea disponible: http://www.creaf.uab.es/ecophysiology/pdfs%20grup/pdfs/pdfs/valladaresetal2005E.pdf
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco J., Melillo, J. M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. Science 277:494. En línea disponible: http://magmo.typepad.com/VitousekHumanDomination.pdf
- Volke, S. T., Velasco, T. J. A., de la Rosa, D. E. P. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Wallace, G. N., Theobald, D. M., Ernst, T., King, K. 2008. Assessing the Ecological and Social Benefits of Private Land Conservation in Colorado. Conservation Biology 22(2): 284-296.
- Ware, G. W., Whitacre, D. M. 2004. The Pesticide Book. 6th Ed. Meister Media Worldwide, Willoughby, Ohio. 496 pp.

- Wegman, R. C. C., Van Den Broek, H. H., Hofstee, A. W. M., Marsman J. A. 1984. Determination of triazines, organophosphorus containing pesticides and aromatic amines in soil samples. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent., 49: 1231-1239.
- Wilson, E. O. 1985. The biological diversity crisis. Bioscience 35(11):700-706.
- Wobeser, G., Bollinger, T., Leighton, F. A., Blakley, B., Mineau, P. 2004. Secondary poisoning of eagles following intentional poisoning of coyotes with anticholinesterase pesticides in western Canada. Journal of Wildlife Diseases 40(4): 163-172.
- Woerner, P. M. 1989. Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Linares, N. L., México.
- Yen, C. 2006. Cambios en cobertura y composición florística del pastizal halófilo en el estado de Nuevo León, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Linares, Nuevo León, México.
- Yuhong, H., Xulin, G., Bing Cheng, S. 2007. Detecting grassland spatial variation by a wavelet approach. International Journal of Remote Sensing 28(7): 1527-1545.

ANEXOS

Anexo 1.- Protocolo de extracción detallado.

3.2.2.1 Protocolo (metodología) de extracción para organofosforados en suelo

Pesado de muestra

Pesar 5gr de suelo en tubos de polipropileno de 50ml.

Agregar 0.5gr de sulfato de sodio anhidro, para absorción de humedad.

Fortificación

Las muestras control de cada extracción se fortifican con 1ml de la solución del nivel 3 de la curva del estándar de interés, así como también con 100µl del estándar interno.

La fortificación con estándar interno se realiza también para el total de las muestras a analizar en la extracción, así como para el blanco de suelo.

Extracción del compuesto

Una vez realizada la fortificación, se procede a la extracción de la siguiente manera:

A cada muestra se agregan 10ml de una mezcla de Acetato de etilo: Hexano (70:30).

Las muestras se agitan durante 10min en un agitador horizontal, concluida esta operación, se centrifugan durante 10min a 2500 rev/min.

Después de la separación se decanta el solvente, de cada muestra de manera individual, haciéndolo pasar por un embudo provisto de un tapón de fibra de vidrio, así como de un doble filtro utilizando papel de los números 40 y 4. El solvente que se filtra es recogido en tubos de polipropileno de 50ml.

A cada muestra de suelo se agregan, nuevamente, 10ml de la mezcla de Acetato de etilo: Hexano (70:30).

Se agitan por 10min en el agitador horizontal y posteriormente se centrifugan, decantan y filtran como se indicó anteriormente.

Concentración de la muestra

El solvente recogido de cada muestra se evapora a 5ml, utilizando para ello nitrógeno y baño maría a una temperatura de 60° C.

Una vez concentrada la muestra, se pasa a tubos de centrífuga de vidrio esmerilados de 15ml, el tubo de polipropileno se enjuaga con 5ml de mezcla de Acetato de etilo: Hexano (70:30) y esta mezcla se vierte también en los tubos de vidrio, colocándose nuevamente en el evaporador para concentrar la muestra a 0.5ml.

Limpieza de la muestra

Ya concentrada la muestra, se agregan 5ml de Eter de Petróleo, se homogeniza y se agregan 7ml de una mezcla de Acetonitrilo saturado con Éter de petróleo (5:1), agitando vigorosamente, de modo manual o con ayuda de vórtex, cada una de las muestras durante 30seg aproximadamente, dejándolas reposar por 5min. Concluido este tiempo se aspira la capa superior con ayuda de pipetas Pasteur y bomba de vacío.

A cada muestra se agregan 5ml de Éter de petróleo, se agitan vigorosamente y se dejan reposar durante 5min para aspirar nuevamente la capa superior.

Concentración de la muestra

Ya realizada la primer limpieza de la muestra se procede a concentrar la misma evaporando a 2-3ml, utilizando para ello nitrógeno y baño maría a una temperatura de 60° C, se lavan las paredes del tubo con 5ml de acetato de etilo y se reanuda la evaporación a 0.5ml.

Limpieza de la muestra con ayuda de columnas

Las muestras concentradas anteriormente, se agitan en vórtex durante 30seg aproximadamente.

Utilizando un colector de partículas, y bomba a vacío, se colocan las columnas para la limpieza de las muestras, las cuales constan de pipetas Pasteur con tapones al extremo de fibra de vidrio y una mezcla absorbente de carbón activado.

Cada una de las columnas son activadas, previamente al paso de la muestra, con ayuda de 3ml de diclorometano, sin dejar que las columnas se sequen, se tira el diclorometano que activó las columnas, el cual es colectado con ayuda de tubos de centrífuga de polipropileno de 50ml, estos tubos se colocan nuevamente bajo las columnas para seguir con la limpieza de la muestra.

Una vez realizado el paso anterior se procede a verter los 0.5ml de muestra a su columna correspondiente haciéndola pasar a través de ésta con ayuda del vacío y lavando con 30ml de diclorometano.

Concentración de la muestra

La muestra colectada en los tubos de polipropileno de 50ml debe ser concentrada a 5ml, utilizando para ello nitrógeno y baño maría a una temperatura de 50° C.

Una vez concentrada la muestra se pasa a tubos de centrífuga de vidrio de 15ml, enjuagando los tubos de polipropileno con 5ml de acetato de etilo para colectar toda la muestra en los tubos de 15ml.

Nuevamente se concentra la muestra evaporando a 2 - 3ml, se lavan las paredes de los tubos con 5ml de acetato de etilo y se evapora la muestra hasta sequedad.

Recuperación de la muestra

La muestra que se encuentra a sequedad en los tubos de centrífuga de vidrio de 15ml, es recuperada utilizando 200µl de Hexano.

Cada tubo es tapado y agitado en vórtex durante 30seg, para posteriormente pasar cada muestra al vial correspondiente (previamente marcado) y ser analizada en el cromatógrafo de gases.