

**Universidad Nacional de Ingeniería
Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente
CIEMA-UNI**

**EVALUACION DE RIESGO ECOLOGICO PRODUCIDO POR EL USO DE
METAMIDOFOS Y TERBUFOS EN LA CUENCA DEL RIO ZANJON NEGRO,
VALLE DE SEBACO, MATAGALPA.**

**Tesis sometida a la consideración del Centro de Investigación y Estudios en
Medio Ambiente para optar al título de Maestro en Ciencias de la Ingeniería
Ambiental**

Autor: Ing. Ileana Alfaro Lira
Lic. María José Almanza Abud

Tutor: Zacarías Duarte Castellón, M.D, PhD.

Asesor: Marianela Corriols, M.D.
Gustavo Valverde, Ing.

Managua, Nicaragua, Julio 2006

RESUMEN

En el presente estudio se estimó el riesgo que representan los plaguicidas organofosforados metamidofos y terbufos, en sus presentaciones líquidas y granulares respectivamente; y que son comúnmente utilizados en la actividad agrícola en el Valle de Sébaco, Departamento de Matagalpa. La investigación se desarrolló en la micro cuenca del Río Zanjón Negro, la cual tiene una extensión de 102,1 km², con límites bien definidos por el Río Grande de Matagalpa hacia el este y hacia el sur y el Río Viejo hacia el oeste y hacia el norte.

Para llevar a cabo la Evaluación de Riesgo Ecológico (ERE) se empleó la metodología propuestas por la Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente de Australia, que define cinco etapas básicas para la realización de la ERE. Así mismo se emplearon herramientas como modelos matemáticos (empíricos y computarizados) comúnmente utilizados por agencias internacionales como la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (USEPA)

Para la Evaluación de la Exposición (tercera etapa de la ERE), en el caso de metamidofos en su formulación líquida, se utilizó el modelo PELMO (de sus siglas en inglés Pesticide Leached Model), utilizándose la información climatológica del área, parámetros físico-químicos del suelo y agua, patrones de uso del plaguicida y sistemas de cultivo para la cebolla, tomate, arroz, recopilado en la fase de campo. El modelo PELMO se corrió para dos escenarios: suelos vertisoles, donde se cultiva el arroz y suelos molisoles, donde se cultiva cebolla y tomate. El período de simulación fue de 12 años, determinándose el destino final y las concentraciones ambientales previstas de metamidofos en el suelo.

Para la Evaluación de la Exposición en el caso del Terbufos en su formulación granular, se emplearon fórmulas utilizadas por la EPA para determinar la cantidad de gránulos expuestos después de una aplicación. Los resultados obtenidos indican que el terbufos es utilizado en cultivos para los cuales su uso (cebolla y tomate) no está registrado, así mismo, representa un riesgo agudo para la paloma común (*Columba livia*).

El metamidofos, utilizado en los cultivos de cebolla y arroz no representa un riesgo para el ecosistema. Se concluye que las dosis de aplicación exceden a las recomendadas por el fabricante, sin embargo, no representa un riesgo agudo en el suelo debido a que la frecuencia de aplicación es baja. Los resultados del estudio indican que el producto usado en el cultivo de tomate, representa un riesgo agudo en aguas superficiales y subterráneas por lo que se sugiere la restricción del mismo, la cual se puede basar en una disminución de las dosis y frecuencia de aplicación.

De igual manera, los resultados del estudio indican que debe conducirse una Evaluación de Riesgo Ecológico a un Nivel II (semi-cuantitativo) más detallado para el uso de terbufos y metamidofos en el cultivo del tomate.

Así mismo, se sugiere validar el modelo PELMO, ya que se puede considerar como una herramienta fundamental en la toma de decisiones para la restricción o prohibición de un plaguicida en Nicaragua. Esta validación, será efectiva sólo si se aplica a otros plaguicidas que se encuentran en uso en el país y bajo las condiciones ambientales reales del lugar donde se está aplicando.

DEDICATORIA

A mi familia y amigos que han aportado parte de su vida y con su participación he logrado el crecimiento en una persona de bien.

María José Almanza Abud.

Dedico este esfuerzo a mi hijo y a mi esposo, quienes con su ternura me han impulsado y apoyado en todas las locuras emprendidas. Gracias por haberme amado, adorado y también por haberme retado.

Ileana Holt.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios todopoderoso, que nos permitió completar este reto.

Agradecemos el financiamiento parcial otorgado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para la realización del presente estudio. Especialmente a la Dra. Marianela Corriols, quien depositó su confianza y nos apoyó desde el primer momento.

Al Doctor Zacarías Duarte, PhD; Director del Instituto de Medicina Legal, por habernos motivado a la realización del presente estudio, considerado un estudio piloto en el país. Así mismo, agradecemos por la tutoría brindada.

Al Ing. Gustavo Valverde, docente de la Universidad Nacional Agraria, por la asesoría brindada en el tema de plaguicidas y suelos y a todo el personal que directa e indirectamente colaboró con nosotras en la realización de este estudio.

I

INDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCION.....	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	8
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	9
CAPITULO 2: MARCO TEORICO	10
2.1 DEFINICIÓN DE PLAGUICIDAS	10
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS	10
2.3 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS PLAGUICIDAS	11
2.4 BIO-ACUMULACIÓN	12
2.5 BIO-CONCENTRACIÓN	12
2.6 PERSISTENCIA	13
2.7 MOVIMIENTO DE PLAGUICIDAS EN EL AMBIENTE	15
2.7.1 <i>Almacenamiento de Plaguicidas en la Fauna Silvestre</i>	18
2.8 DAÑOS PROVOCADOS AL AMBIENTE POR PLAGUICIDAS	18
2.9 INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TERBUFOS	20
2.9.1 <i>Nombre comercial</i>	20
2.9.2 <i>Estado Regulatorio en Nicaragua</i>	20
2.9.3 <i>Clase Química</i>	21
2.9.4 <i>Formulación</i>	21
2.9.5 <i>Efectos ecológicos</i>	22
2.9.6 <i>Destino en el ambiente</i>	22
2.9.7 <i>Efectos Toxicológicos</i>	23
2.10 INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL METAMIDOFOS	24
2.10.1 <i>Fabricante, Nombre comercial</i>	25
2.10.2 <i>Estado Regulatorio en Nicaragua</i>	25
2.10.3 <i>Formulaciones</i>	26
2.10.4 <i>Efectos ecológicos</i>	26
2.10.5 <i>Destino en el ambiente</i>	26
2.10.6 <i>Efectos Toxicológicos</i>	27
2.11 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DE TERBUFOS Y METAMIDOFOS	29
2.12 DATOS DE TOXICIDAD ECOLÓGICA	32
2.12.1 METAMIDOFOS	32
2.12.2 TERBUFOS	43
2.13 EVALUACIÓN DEL RIESGO.....	49
2.13.1 <i>Datos que se requieren para la evaluación del riesgo</i>	54
2.13.2 <i>Modelos para caracterización del riesgo ecológico</i>	56
2.14 CATEGORÍAS DE RIESGO	59
2.15 REDUCCIÓN DE RIESGOS POR EL EMPLEO DE PLAGUICIDAS	61
2.16 LA GESTIÓN SUSTENTABLE DE LOS PLAGUICIDAS	63
2.16.1 <i>Factores críticos para el registro y gestión post-registro de los plaguicidas</i>	63
2.17 COMUNICACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL RIESGO	64
CAPITULO 3: DISEÑO METODOLOGICO.....	64
3.1 HIPÓTESIS	64
3.1.1 <i>Hipótesis Nula</i>	64
<i>Leyenda</i>	1
<i>Leyenda</i>	1
3.1.2 <i>Hipótesis Alterna</i>	67
3.2 TIPO DE ESTUDIO.....	67
3.3 ÁREA DE ESTUDIO	67
3.4 METODOLOGÍA	70
3.5 UNIVERSO.....	81

II

3.6	MUESTRA.....	81
3.7	VARIABLES E INDICADORES	82
3.7.1	<i>Variables</i>	82
3.7.2	<i>Indicadores</i>	82
3.8	MATERIALES.....	82
3.9	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	83
CAPITULO 4: RESULTADOS, ANALISIS E INTERPRETACION		84
4.1	RESULTADOS	84
4.1.1	<i>Suelos</i>	84
4.1.2	<i>Uso del suelo</i>	87
4.1.3	<i>Agua Superficial</i>	88
4.1.4	<i>Agua Subterránea</i>	90
4.1.5	<i>Receptores humanos</i>	91
4.1.6	<i>Biota del suelo</i>	94
4.1.7	<i>Biota del aire</i>	97
4.1.8	<i>Biota del agua</i>	102
4.1.9	<i>Dosis y frecuencia de aplicación de Metamidofos y Terbufos</i>	105
4.1.10	<i>Evaluación de la Exposición a Terbufos y Metamidofos</i>	105
4.1.11	<i>Caracterización del riesgo</i>	115
4.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	117
4.2.1	<i>Suelo</i>	117
4.2.2	<i>Uso del suelo</i>	118
4.2.3	<i>Agua Superficial</i>	118
4.2.4	<i>Agua subterránea</i>	120
4.2.5	<i>Receptores humanos</i>	121
4.2.6	<i>Biota del suelo</i>	121
4.2.7	<i>Biota del Aire</i>	122
4.2.8	<i>Biota del Agua</i>	124
4.2.9	<i>Dosis y frecuencia de aplicación</i>	125
4.2.10	<i>Evaluación de la exposición a Terbufos y Metamidofos</i>	126
4.2.11	<i>Caracterización del riesgo para Terbufos y Metamidofos</i>	131
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		132
CAPITULO 6: BIBLIOGRAFIA.....		136

III

Índice De Tablas

TABLA 1: EJEMPLOS DE LA PERSISTENCIA Y BIO-ACUMULACIÓN DE ALGUNOS PLAGUICIDAS (2).....	13
TABLA 2: PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE TERBUFOS Y METAMIDOFOS (2,11, 12, 21, 22)	29
TABLA 3: TOXICIDAD AGUDA Y SUB-AGUDA EN AVES.....	32
TABLA 4: TOXICIDAD SUB-AGUDA ALIMENTARIA EN AVES	33
TABLA 5: TOXICIDAD CRÓNICA EN AVES.....	34
TABLA 6: TOXICIDAD AGUDA DE LA REPRODUCCIÓN EN MAMÍFEROS	34
TABLA 7: TOXICIDAD AGUDA EN INSECTOS.....	37
TABLA 8: TOXICIDAD AGUDA EN PECES DE AGUA DULCE.....	37
TABLA 9: TOXICIDAD AGUDA EN INVERTEBRADOS DE AGUA DULCE.....	39
TABLA 10: TOXICIDAD AGUDA PECES MARINOS Y ESTUARINOS	40
TABLA 11: TOXICIDAD AGUDA INVERTEBRADOS MARINOS Y ESTUARINOS	41
TABLA 12: TOXICIDAD AGUDA Y SUB-AGUDA EN AVES.....	43
TABLA 13: TOXICIDAD SUB-AGUDA EN AVES	44
TABLA 14: TOXICIDAD CRÓNICA EN AVES.....	45
TABLA 15: TOXICIDAD ORAL EN MAMÍFEROS.....	45
TABLA 16: TOXICIDAD AGUDA EN PECES	46
TABLA 17: TOXICIDAD AGUDA DEL PRODUCTO FORMULADO EN PECES.....	47
TABLA 18: TOXICIDAD AGUDA EN INVERTEBRADOS ACUÁTICOS	48
TABLA 19: TOXICIDAD CRÓNICA EN INVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	48
TABLA 20: TOXICIDAD AGUDA EN ANIMALES ESTUARINOS/MARINOS	49
TABLA 21: PRESUNCIÓN DEL RIESGO PARA ANIMALES TERRESTRE	60
TABLA 22: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE PERFILES DE SUELO	85
TABLA 23: ÁREAS CULTIVADAS	87
TABLA 24: RESULTADOS DE ANÁLISIS EN SEDIMENTOS, RÍO ZANJÓN NEGRO.....	89
TABLA 25: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO EN AGUA, RÍO ZANJÓN NEGRO	89
TABLA 26: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOS EN AGUA, RÍO GRANDE DE MATAGALPA	90
TABLA 27: DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ZANJÓN NEGRO	93
TABLA 28: FRECUENCIA Y CONSUMO DE HORTALIZAS EN LA CUENCA DEL RÍO ZANJÓN NEGRO.....	93
TABLA 29: ESPECIES DE MACRO FAUNA REGISTRADAS EN MUESTRAS DE SUELO EN CULTIVOS DE ARROZ Y HORTALIZAS	94
TABLA 30: ESPECIES DE FLORA REGISTRADAS EN EL VALLE DE SÉBACO	95
TABLA 31: AVES RESIDENTES IDENTIFICADAS EN EL VALLE DE SÉBACO (14).....	98
TABLA 32: RESULTADOS DE ANÁLISIS CUALI-CUANTITATIVO DE FITOPLANCTON	102
TABLA 33: RESULTADOS DE ANÁLISIS CUALI-CUANTITATIVO DE ZOOPLANCTON.....	103
TABLA 34: RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN DE PECES EN DOS PUNTOS DE MUESTREO	104
TABLA 35: DOSIS Y FRECUENCIA DE APLICACIÓN DE METAMIDOFOS Y TERBUFOS	105
TABLA 36: EXPOSICIÓN A TERBUFOS: ECUACIONES, VARIABLES Y RESULTADOS	106
TABLA 37: TOMATE; DESTINO FINAL DEL PLAGUICIDA EN EL SUELO.....	109
TABLA 38: BALANCE DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL CULTIVO DE TOMATE	110
TABLA 39: CEBOLLA; DESTINO FINAL DEL PLAGUICIDA EN EL SUELO	111
TABLA 40: BALANCE DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL CULTIVO DE CEBOLLA.....	112
TABLA 41: ARROZ; DESTINO FINAL DEL PLAGUICIDA EN EL SUELO	113
TABLA 42: BALANCE DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	114
TABLA 43: TERBUFOS, CATEGORÍA DE RIESGO	115
TABLA 44: METAMIDOFOS, CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	116

IV

Índice de Figuras

FIGURA NO. 1 MARCO LÓGICO DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO ECOLÓGICO.....	52
FIGURA NO. 2 MODELO CONCEPTUAL DEL COMPORTAMIENTO DE TERBUFOS EN EL AMBIENTE	65
FIGURA NO. 3 MODELO CONCEPTUAL DEL COMPORTAMIENTO DE METAMIDOFOS EN EL AMBIENTE	66
FIGURA NO. 4 MICRO-CUENCA DEL RÍO ZANJÓN NEGRO – VALLE DE SÉBACO, MATAGALPA	69
FIGURA NO. 5 UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO.....	73
FIGURA NO. 6 ILUSTRACIÓN DE CULTIVO DE ARROZ EN TERRAZAS	87
FIGURA NO. 7 ESQUEMA DE CULTIVO DE HORTALIZAS EN BANDA.....	88

Glosario

ANIFODA	Asociación Nacional de Formuladores de Agroquímicos
BAYER	Compañía químico-farmacéutica alemana
BHC	(1, 2, 3, 4, 5, 6-Hexaclorociclohexano)
CA	Concentración Ambiental
CAE	Concentración Ambiental Estimada
CE ₅₀	Concentración Media Estimada
ChE	Colinesterasa
CL ₅₀	Concentración Letal Media
CENAGRO	Centro Nacional Agropecuario
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
COSUDE	Cooperación Sueca para el Desarrollo
CR	Coficiente de Riesgo
CTE	Concentración Estimada a una Exposición Ambiental
CTR	Comité Técnico Reevaluador
CYANAMID	Compañía Americana líder en la industria química
DANIDA	Agencia Danesa de Cooperación para el Desarrollo
DAR	Dirección de Acueductos Rurales
DBCP	Dibromocloropropano
DBO ₅	Demanda Biológica de Oxígeno a los 5 días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DDT	Dicloro-difenil-tricloroetano
DL ₅₀	Dosis Letal Media
EDB	Dibromo de etileno
EPA	Agencia de Protección del Medio ambiente
ERE	Evaluación de Riesgo Ecológico
EUPS	Ecuación Universal de Pérdida del Suelo

VI

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FBC	Factor de Bio-concentración
GPS	Sistema de Posición Geográfico (Geographic Positional System)
HCB	Hexaclorobenceno
IA	Ingrediente Activo
IAE	Ingrediente Activo Expuesto
IAGT	Ingrediente Activo Grado Técnico
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
LOC	Nivel de Preocupación (Level of Concern)
LOEC	Concentración de menor efecto observado
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal
MARENA	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
MASICA	Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano
MINSA	Ministerio de Salud
MITRAB	Ministerio de Trabajo
M.S.N.M	Metros Sobre el Nivel del Mar
MTD	Metamidofos
NOEC	Concentración de No Efecto Observado
NOEL	Nivel de Efecto No Observado
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PASMA	Programa de Apoyo al Sector Medio Ambiente
PASA	Programa de Apoyo al Sector Agrícola
PELMO	Modelo de lixiviación de plaguicidas (Pesticides Leaching Model)
pH	Potencial de Hidrógeno
PIC	Procedimiento de Consentimiento Previo
PLAGSALUD	Aspectos Ocupacionales y Ambientales de la Exposición a Plaguicidas en el Istmo Centroamericano
PROCONSULT	Empresa Consultora

VII

PROMAP	Programa de Manejo de Plaguicidas
PROMIPAC	Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central
PUR	Plaguicida de Uso Restringido
PRZM	Pesticides Zone Root Model
Q	Coficiente de peligrosidad
RESSCAD	Reunión del Sector Salud de Centroamérica y República Dominicana
RFD	Dosis de Referencia
UCA	Universidad Centroamericana
UNA	Universidad Nacional Agraria
UNAN	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
USEPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos

CAPITULO 1: INTRODUCCION

Los plaguicidas son sustancias diseñadas para ser aplicadas dentro de los ecosistemas, modificar el ambiente biótico e inducir efectos tóxicos en organismos blancos (18). Una gran proporción de estas sustancias representan una amenaza ambiental muy seria debido a su presencia en cantidades detectables en varios componentes del ecosistema, su toxicidad, la tendencia a bio-acumularse o a su persistencia, además del desconocimiento casi total por parte de los usuarios sobre los efectos adversos que pueden causar en un ambiente de múltiples compartimentos.

Existen diferentes opiniones con respecto al manejo del riesgo que los plaguicidas representan para el ambiente, aquellos considerados de extremo peligro han sido prohibidos, ejemplo de ello es el caso del DDT, plaguicida organoclorado que fue ampliamente usado en el occidente del país. Otros representan un peligro debido a un uso inadecuado o que de alguna manera son persistentes y tóxicos para organismos sensibles. Sin embargo el valor de estos para la sociedad puede justificar el uso de los mismos siempre y cuando el usuario tenga el conocimiento necesario sobre el uso, manejo y las consecuencias que estos pueden generar.

Cualquiera que sea la decisión a tomar sobre el manejo del riesgo, debe estar fundamentada en el conocimiento sobre el comportamiento del plaguicida en los ecosistemas, su distribución y transformación en los diferentes compartimentos y los efectos adversos que pueden ocasionar en los organismos receptores. Con este fin, diversas agencias internacionales enfocadas en la protección del medio ambiente han desarrollado guías metodológicas para evaluar los riesgos ecológicos que un contaminante puede ocasionar en un ecosistema. Dentro de estas se pueden mencionar las guías de la USEPA 1998, Nueva Zelanda, Australia y Canadá.

El presente estudio permite evaluar el riesgo ecológico producido por el uso de los plaguicidas organofosforados Terbufos y Metamidofos en la micro cuenca del Río Zanjón Negro, en el Valle de Sébaco, Departamento de Matagalpa, mediante el empleo de una metodología estándar, internacional y fácil de ejecutar, que podría ser adoptada por las

instituciones competentes con el fin de tomar las medidas adecuadas para el manejo del riesgo.

1.1 Antecedentes

Nicaragua es un país de vocación eminentemente agrícola cuyos principales ingresos provienen de la exportación de productos agrícolas, tales como: café, banano, caña de azúcar y otros. Para el período de 1994 – 1999, el sector agropecuario representó el 57 % del total de las exportaciones (27).

El auge de los plaguicidas en Nicaragua inició en la década de los 60, con el cultivo del algodón. Para entonces, Nicaragua se convirtió en el líder regional de la producción algodонера, con un área cultivada de aproximadamente 210,000 manzanas (150,000 hectáreas). Con esto, el país se colocó en el treceavo lugar entre los 24 países productores de algodón en el mundo. La producción de algodón, previa al uso de los plaguicidas, no era posible ya que las plagas no lo permitían. El cultivo del algodón marcó un incremento en la dependencia del uso de plaguicidas para el control de las plagas y la expansión del uso de los mismos a otros cultivos de exportación tales como banana y café, así mismo los cultivos del mercado doméstico como maíz, frijoles y hortalizas demuestran una marcada dependencia de agroquímicos (7).

El éxito inicial de cantidades relativamente pequeñas de plaguicidas fue seguido por una resistencia evolutiva a los efectos de estos compuestos en las plagas principales tales como el gorgojo (*Anthrenus grandis Boheman*). En adición los plaguicidas también generaron nuevos problemas con las plagas secundarias tales como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), y el furúnculo (*Heliothis zea*). Los crecientes problemas con las plagas guiaron a los productores a tomar otras acciones, incrementando el volumen, la variedad de plaguicidas y duplicando la aplicación de los mismos en el algodón y los otros cultivos (7).

El incremento en el uso de plaguicidas, desafortunadamente estuvo acompañado de un uso inadecuado, condiciones de producción y almacenamiento deficientes, falta de

entendimiento de los efectos sobre la salud y el medio ambiente, falta de investigaciones adecuadas sobre el efecto a largo plazo (crónico) producido por estos productos a la salud y al medio ambiente.

Debido a la situación política y económica, del país durante la década de los años 80, Nicaragua ha sido objeto de constante ayuda y asesoría de países amigos, otorgándole especial importancia al desarrollo de la agricultura después del proceso de Reforma Agraria. Durante el período 1995-1997 se preveía en Nicaragua un incremento de las áreas de siembra, tanto en cultivos de exportación como en cultivos de consumo interno, previéndose también un incremento en el uso de insumos y compuestos tecnológicos para la producción del sector por parte de pequeños y medianos agricultores, así como acceso al crédito para impulsar la producción (5).

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) a través de la División de Salud y Ambiente en el contexto del Programa Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano (MASICA), formuló el Proyecto “Aspectos Ocupacionales y Ambientales de la Exposición a Plaguicidas en el Istmo Centroamericano (PLAGSALUD)”, el cual fue financiado en 1994 por la Agencia Danesa de Cooperación para el Desarrollo (DANIDA). El propósito de este proyecto, ejecutado en un período de 10 años, fue el de reducir significativamente los problemas de salud relacionados al uso de plaguicidas y apoyar la implementación de alternativas de agricultura sostenible.

En 1997, con fondos del PROMAP, en colaboración con El Zamorano, Universidad de Cornell, UNA y UNAN-LEÓN, se realizó un estudio sobre resistencia de plagas agrícolas a insecticidas en Nicaragua. El estudio reportó resistencia de *Plutella xylostella* (Palomilla del repollo) y *Bemisia tabaci* (Mosca blanca) a Metamidofos. Este estudio determinó factores de resistencia a las plagas mencionadas con valores de 468 y 276 en cultivo de tomates en el Valle de Sébaco (3).

En 1998, con apoyo del PROMAP, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, realizó un estudio de Áreas Críticas de las Cuencas Hidrográficas Contaminadas por Residuos de Plaguicidas, en el que se menciona el uso de Metamidofos para aturdir y

atrapar a peces y camarones. Estas prácticas de pesca, a pesar de no ser autorizadas, son comunes en la región occidental de Nicaragua (3).

Con los datos encontrados por el PROMAP, en el año 1999 se evaluó el impacto que tendría en la salud humana consumir tomate con residuos de Metamidofos. Los resultados fueron que a pesar que los límites máximos de residuos eran superiores en todas las muestras, el consumo de los mismos no excedía la Ingesta Diaria Admisible (0.004 mg/kg) para Metamidofos, pero que al sumar los residuos de otros compuestos fosforados estos excedían la ingesta diaria admisible y representarían riesgos para la salud (3 y 4).

La década de los 90, marcó nuevos retos para la región centroamericana, específicamente para el sector salud. Entre los foros importantes de donde el tema salud se integra al proceso de desarrollo social de la región esta la Reunión del Sector Salud de Centroamérica y República Dominicana, conocida con las siglas RESSCAD, establecida bajo un proceso regulado por su propio reglamento y cuyo propósito principal como foro sectorial es el de promover el intercambio y el desarrollo de experiencias, así como conocimientos y sobre todo, lograr el compromiso entre los Estados miembros para la atención de problemas comunes de la salud y del ambiente, que requieren el abordaje conjunto y coordinado entre países, dentro del espíritu de integración centroamericana.

Los países de la RESSCAD vienen desarrollando a lo largo de 15 años un proyecto sostenido de trabajo que incluye estrategias para superar problemas comunes, la ejecución de acciones en beneficio de la población más vulnerable, el intercambio de tecnología para desarrollo científico, entre otros. Dicha gestión culmina cada año con una reunión que evalúa el período encomendado por mandatos de las autoridades de la sub-región y que tiene por sede la Residencia Protempore.

ACUERDO SOBRE PROHIBICIONES Y RESTRICCIONES DE PLAGUICIDAS

La XVI reunión del Sector Salud de Centroamérica y República Dominicana (RESSCAD) se realizó en Tegucigalpa, Honduras los días 12 y 13 de septiembre del 2000. Durante esta

reunión, concientes de la importancia que para los países de la sub-región representa el mejoramiento de la legislación en materia de plaguicidas, PLAGSALUD presentó a consideración de los Ministros de Salud de los Países del Istmo Centroamericano y República Dominicana una propuesta de Acuerdo la cual fue aprobada por unanimidad en esta reunión y cuyo texto es el siguiente:

ACUERDO XVI RESSCAD-HON-09

Es evidente el esfuerzo de los países de la subregión en el desarrollo de programas y de proyectos de prevención y control de riesgos asociados con problemas de salud y ambiente, y en este campo se aprecia la gestión en el control de plaguicidas. En aras de continuar y concretar las acciones, se solicita a los Ministros de Salud, Agricultura, Ambiente y Recursos Naturales, para que de acuerdo a la legislación vigente y en forma conjunta conduzcan y apliquen medidas para la prohibición y/o restringir el empleo de los doce (12) plaguicidas que figuran en lista que ya cuentan los países reconocidos como responsables del mayor número de intoxicaciones y muertes, y realizar los trámites pertinentes para la prohibición de los 17 plaguicidas enunciados en la tabla distribuida (23).

Los plaguicidas para los que se solicita prohibición y/o restricción son:

Paraquat, **Terbufos**, **Metamidofos**, Fosfuro de Aluminio, Etoprofos, Metil Paratión, Endosulfan, Carbofuran, Monocrotofos, Metomil, Clorpirifos y Aldicarb.

En Nicaragua, entre enero y abril del 2001, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) envió una Carta de solicitud de respaldo al acuerdo IX de la RESSCAD a los Ministros de Salud, Ambiente y Agricultura. En el caso del Ministerio de Agricultura de Nicaragua, respaldó el alcance del acuerdo y delegó al Dr. Rigoberto Quintanilla, Director Nacional del Registro de Plaguicidas en Nicaragua para su seguimiento.

El Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Salud, respaldaron el acuerdo y solicitaron que se incluyeran además todas las sustancias identificadas como Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Posterior al consenso logrado entre los Ministerios, se remitieron los acuerdos de la RESSCAD y la presentación técnica sobre el acuerdo IX a todos los miembros de la Comisión Nacional de Agroquímicos, Consejo Técnico Ejecutivo de la Ley 274 y actores claves, solicitando su respaldo y acciones concretas.

Previo a iniciar el proceso de reevaluación de los 12 plaguicidas propuestos por la RESSCAD, en julio del 2001, se suscribió un Acuerdo Interministerial entre los Ministerios de Salud, Recursos Naturales y del Ambiente, y Agropecuario y Forestal. En su parte medular el acuerdo dispone:

- Prohibir la introducción y el registro en el país de los siguientes plaguicidas: DBCP, endrina, 2-4-5T, EDB, BHC, dinoseb, etilparation, lindano, aldrin, DDT, clordano, dieldrin, pentaclorofenol, heptacloro y toxafeno; por ser los responsables de daños permanentes al medio ambiente, agricultura y salud humana.
- Iniciar el proceso de prohibición de la importación y el uso de plaguicidas que por lo menos estén prohibidos en un país de Centroamérica y República Dominicana, en cumplimiento a los acuerdos firmados por los ministros de Salud en la XVI Reunión de la RESSCAD en septiembre del 2000.

El 27 de julio de 2001, el MAGFOR publicó el Acuerdo Ministerial # 23-2001 que establece: “Prohibir la importación, comercialización y uso en el territorio nacional de los siguientes plaguicidas, en su estado de materia prima, productos formulados y cualquier mezcla que los contenga: 2,4,5-T, aldrín, clordano, clordimeform, DBCP, DDT, dieldrin, dinoseb, EDB, endrin, etil paration, HCB, heptacloro, lindano, pentaclorofeno, percloropentaciclodecano y toxafeno.

Sin embargo, el acuerdo antes mencionado incluye en su mayoría los Compuestos Orgánicos Persistentes (COP), los cuales se encuentran en el Acuerdo Marco del Convenio de Estocolmo. En este acuerdo no se incluyen los plaguicidas señalados en el Acuerdo de la RESSCAD.

Ante la necesidad de iniciar un proceso de reevaluación técnica de los doce plaguicidas, de conformidad al artículo 60 del Reglamento de la Ley No. 274, Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras Similares (ver anexo 2), en septiembre del 2001 se conformó el Comité Técnico Reevaluador de Plaguicidas (CTR) conformado por 9 especialistas en total: 3 toxicólogos del MINSA, 3 especialistas ambientales del MARENA y 3 ingenieros agrónomos del registro de MAGFOR, contando con la asesoría del Proyecto PASA Danida y PLAGSALUD.

Se estableció un mecanismo de trabajo, se priorizaron 6 plaguicidas para iniciar el proceso de reevaluación con base a criterios de mayor riesgo. Los plaguicidas priorizados son: metamidofos, metomil, paraquat, metil paration, fosfuro de aluminio y clorpirifos. Posteriormente se conformaron grupos mixtos (1 especialista de cada una de las áreas) a los cuales se les asignaron las tareas de revisar 2 plaguicidas cada uno: El MAGFOR solicitó como Autoridad Nacional de Aplicación el apoyo especializado de OPS.

Posterior a la conformación del CTR, se realizaron distintas reuniones de la Comisión Nacional de Plaguicidas, de igual forma durante el 2003 se dio el espacio a la Asociación Nacional de Formuladores de Agroquímicos (ANIFODA) para que presentara ante la Comisión Nacional de Plaguicidas, una lista de las moléculas de los agroquímicos que se estaban reevaluando.

En septiembre del 2003, con fondos del Programa de Apoyo al Sector Agrícola, de la Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (PASA-DANIDA), a través de su componente Apoyo a la Regulación de Plaguicidas, se realizó la evaluación técnica de metamidofos, la cual concluye, en sus puntos medulares que el producto es altamente peligroso para el ser humano y que es un contaminante de aguas subterráneas (3 y 4).

Producto de los acuerdos de la REESCAD, se recomendó la prohibición de aquellos plaguicidas que más intoxicaciones humanas, daños al ambiente y a la agricultura están provocando en Nicaragua.

En cuanto a los daños que metamidofos y terbufos causan al ambiente, específicamente bajo las condiciones de temperatura, tipos de suelos, en Nicaragua, es muy poco conocido. Por lo anterior, la Organización Panamericana de la Salud, en mayo del 2002 destinó fondos para la realización del presente estudio con el objetivo de estimar el daño al ambiente en una de las zonas de mayor producción y uso intensivo de plaguicidas en el país como es el Valle de Sébaco.

1.2 Justificación

El reconocimiento de los efectos adversos que los plaguicidas pueden causar al ecosistema es un proceso que involucra cierto grado de dificultades relacionadas al nivel de detalle al cual se desea conducir la investigación, sea este cualitativo o cuantitativo. En Nicaragua, los efectos adversos ocasionados por los plaguicidas sobre los ecosistemas receptores son hasta ahora desconocidos. Esto se debe en parte a que el mayor énfasis ha sido en los efectos agudos que estos compuestos causan a la salud humana. Por otro lado el registro de plaguicidas nuevos está condicionado a la evaluación de riesgo para la salud humana y el ambiente.

Un proceso de Evaluación de Riesgo Ecológico permite conocer las concentraciones de los compuestos que se pueden encontrar en diferentes compartimentos ambientales, relacionar estas con los criterios internacionales establecidos (benchmark) y el posible daño que estos productos puedan ocasionar en el ecosistema. Así mismo, permite caracterizar el riesgo y definirlo como existente, probable o poco probable. Finalmente la Evaluación de Riesgo Ecológico es en si una herramienta que puede ser utilizada para definir las medidas a tomar con respecto a la restricción o prohibición del plaguicida y el establecimiento de medidas de remediación apropiadas y orientadas a las soluciones adecuadas.

El presente estudio permitirá poner a la disposición de las autoridades regulatorias una herramienta valiosa y práctica para la aprobación de nuevos plaguicidas en el mercado y para la revisión de los ya existentes, considerando las características del medio donde serán empleados y los receptores potenciales, sean estos ecológicos o humanos.

1.3 Objetivos del estudio

Objetivo General

- Determinar la existencia de una ruta de exposición potencialmente completa entre los plaguicidas metamidofos y terbufos y los receptores potenciales identificados.
- Determinar la probabilidad de que existan efectos adversos en el ecosistema de la cuenca del Río Zanjón Negro, derivados del uso de los plaguicidas organofosforados terbufos y metamidofos.
- Proponer un procedimiento estándar para realizar evaluaciones de riesgo ecológico por el uso de sustancias químicas de uso agrícola.

Objetivos Específicos

- Identificar los principales receptores y las fuentes de exposición en el ecosistema de la cuenca del Río Zanjón Negro.
- Estimar mediante el uso de modelos de transporte de contaminantes, las concentraciones ambientales previstas de terbufos y metamidofos.
- Establecer la relación entre los contaminantes y los receptores ecológicos identificados en el área de estudio.
- Caracterizar el riesgo que los plaguicidas metamidofos y terbufos representan para el ambiente.
- Aplicar la metodología de Evaluación de Riesgo Ecológico propuesta por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Australia.

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Definición de Plaguicidas

La FAO define plaguicida como cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (26).

2.2 Clasificación de los plaguicidas

Se han establecido diferentes clasificaciones para los plaguicidas en dependencia de su uso, organismos que controlan, etc. Sin embargo, en este documento solamente se mencionará su clasificación según el grupo químico (10).

- Bupiridilos
- Carbamatos
- Compuestos órgano-estánicos
- Compuestos organoclorados
- Compuestos organofosforados
- Compuestos organomercuriales
- Triazinas
- Derivados del ácido fenoxiacético
- Derivados del cloronitrofenol
- Piretroides y piretrinas
- Triocarbamatos
- Derivados cumarínicos

2.3 Propiedades Físico-químicas de los Plaguicidas

Solubilidad en agua: Es una medida de la capacidad máxima que tiene una fase para sustancias químicas disueltas (21). Los plaguicidas con solubilidad acuosa mayor a 500 mg/l son muy móviles en los suelos y otros elementos de los ecosistemas. Su mayor concentración se encuentra en ecosistemas acuáticos. Los que tienen solubilidad mayor a 25 mg/l (como ocurre en general con los organofosforados) no son persistentes en los organismos vivos y los que tienen solubilidad menor (como los organoclorados) tienden a inmovilizarse en suelos y concentrarse en los organismos vivos.

Coefficiente de partición lípido / agua: Este coeficiente de manera indirecta proporciona información sobre la solubilización y distribución de un plaguicida en un organismo vivo. Plaguicidas con un coeficiente mayor a uno (como el aldrín y el DDT) son liposolubles y se infiere que se absorben fácilmente a través de las membranas biológicas y se acumulan en tejido graso (1).

Coefficiente de partición octanol / agua: Provee un estimado directo de la hidrofobicidad o de la tendencia a particionar entre el agua y medios orgánicos tales como lípidos, ceras y materia orgánica natural como los ácidos húmicos. Es importante como un método para estimar el coeficiente de partición carbono/agua. Según Karickhoff (1981) se puede establecer la correlación (1,21):

$$K_{OC} = 0,41 * K_{OW}$$

El coeficiente de partición octanol/agua también es utilizado para estimar el factor de bioconcentración pez-agua o BCF usando una correlación establecida por Makay en 1982:

$$K_B = 0,05 K_{OW}$$

Donde 0.05 corresponde al 5% del contenido líquido en los peces.

Presión de vapor: Puede ser vista como la “solubilidad en el aire”, se expresa en pascales (Pa). Provee un estimado del coeficiente de partición aire-agua o constante de Henry. Los plaguicidas con presión de vapor mayor a 10^{-3} mm de Hg a 25°C son muy volátiles, tienen gran movilidad y se dispersan hacia la atmósfera; los que tienen presiones entre 10^{-4} y 10^{-6} mm de Hg a 25°C, son menos móviles y los no volátiles, que son más persistentes en suelos y agua, presentan valores de presión de vapor $< 10^{-7}$ Pa (como los herbicidas del grupo de las triazinas) (21).

2.4 Bio-acumulación

La bioacumulación es un proceso importante en el cual los productos químicos pueden afectar a los organismos vivos. Estos compuestos como los plaguicidas, pueden ser tomados y acumulados en los seres vivos más rápido de lo que se pueden degradar (metabolizar) o excretar (1).

Entender la dinámica del proceso de bioacumulación es importante para proteger a los seres humanos y otros organismos de los efectos adversos a la exposición de plaguicidas.

Es importante mencionar que la bioacumulación no es un proceso adverso a los organismos, ya que es un proceso natural en la alimentación y el desarrollo de organismos. Todos los animales, incluyendo al hombre, bioacumulan diariamente nutrientes vitales como la vitamina A y D, minerales, grasas esenciales como aminoácidos que pueden ser tomados, almacenados o eliminados del cuerpo (1).

2.5 Bio-concentración

La bioconcentración es el proceso específico por el cual la concentración de un plaguicida en un organismo es más alta que la concentración en el aire o agua que rodea dicho organismo.

A pesar de que el proceso que ocurre de forma natural es el mismo que el provocado por el hombre, el término bioconcentración usualmente se refiere a las sustancias químicas extrañas a los seres vivos (1). En el caso de los peces y otros animales acuáticos la vía más

importante de bioconcentración es a través de las branquias y en algunos casos por la piel (20).

2.6 Persistencia

La persistencia se define como la capacidad del plaguicida para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio en el cual es transportado o distribuido, por un período limitado después de su emisión. Los plaguicidas que persisten más tiempo en el ambiente, tienen mayor probabilidad de interacción con los diversos elementos que conforman los ecosistemas. Si su vida media y su persistencia es mayor a la frecuencia con la que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en la biota (2).

Los plaguicidas se clasifican de acuerdo con su período de persistencia en: ligeramente persistentes (menos de cuatro semanas), poco persistentes (de cuatro a 26 semanas), moderadamente persistentes (de 26 a 52 semanas), altamente persistentes (más de un año y menos de 20) y permanentes (más de 20 años). En la tabla 1, se presentan ejemplos de persistencia y bioacumulación de algunos plaguicidas (2).

Tabla 1: Ejemplos de la persistencia y bio-acumulación de algunos plaguicidas (2).

Plaguicidas	Persistencia en suelos (semanas)	Factor de bio-acumulación
Organoclorados		
Aldrín	530	4 ,444 (pez)
Dieldrín	312	3, 300 (pez)
Endrín	624	1, 000 (pez)
DDT	546	70, 000 (ostra)
Hexaclorobenceno (HCB)	208	60 (ostra)
Organofosforados		
Malatión	2	0 (camarón)

Plaguicidas	Persistencia en suelos (semanas)	Factor de bio-acumulación
Paratión	8	9 (n.e.)
Forato	2	0 (pez)
Terbufos	2	
Carbamatos		
Carbaryl	2	0 (ostra)
Carbofuran	8-16	0
Varios		
Diclorvos	8	0 (ostras)
Captan	1	0
2,4,5-T	1-12	0
Cloruro de etilmercurio	permanente	3, 000 (pez)

Los plaguicidas tienen la capacidad inherente de provocar efectos adversos en los seres vivos, de dañar su estructura o funciones y de provocar su muerte. Su toxicidad depende, entre otros aspectos, de:

- a. Factores tales como absorción, distribución, almacenamiento, activación, detoxificación, que influyen en la reacción de su forma tóxica final con el sitio "blanco" (ya sea molécula, célula, tejido, órgano o sistema).
- b. Reacción (reversible o irreversible) con los sitios blanco.
- c. Consecuencias bioquímicas o fisiológicas.
- d. Expresión clínica de su toxicidad (efectos agudos y crónicos).

Tales efectos son función, además, de la magnitud y duración de la exposición al plaguicida, así como de su vía de ingreso al organismo (oral, dérmica o inhalatoria). En teoría, los organismos son capaces de tolerar pequeñas dosis de los plaguicidas gracias a la existencia de mecanismos de homeostasis o compensación fisiológica, que incluyen la detoxificación metabólica, la adaptación celular y la reparación. Por ello, se identifica un umbral por debajo del cual no se observan efectos adversos aparentes, en las curvas que relacionan la dosis y los efectos. Por arriba de esa dosis umbral, los mecanismos de

compensación se saturan y dan lugar a la producción de alteraciones en diferentes órganos o sistemas, variando la dosis umbral para cada uno de ellos y siendo afectados en diversos grados de severidad. Otros factores influyen también en la toxicidad de los plaguicidas, como son la edad, el sexo, el estado nutricional y de salud de los individuos expuestos (2).

Cuando el daño ocurre en un sitio distante del lugar de ingreso del plaguicida al organismo, se habla de toxicidad sistémica para diferenciarla de la tópica que ocurre en el sitio de contacto. La gama de daños (neurológicos, nefrotóxicos, cardiovasculares, gástricos y teratogénicos, entre otros) que pueden producir los plaguicidas, varía de acuerdo con los diversos tipos de éstos y la severidad de la exposición y el período de la vida del individuo en la que ocurre (2).

2.7 Movimiento de Plaguicidas en el Ambiente

A continuación se listan algunas de las fuentes de contaminación ambiental por plaguicidas. La agricultura (68%) domina el consumo total de plaguicidas; otras fuentes incluyen uso industrial y comercial (17%), uso domiciliario (hogar y jardín) (8%).

La fuente de contaminación ambiental por plaguicidas incluye (6):

- Transporte atmosférico.
- Contaminación de la tierra y el agua.
- Descarga de desechos industriales.
- Agua de uso en casa y descarga por plantas de tratamiento de agua.
- Descarga de material de desecho.

La fuente principal de contaminación del agua, aparte de la aplicación directa de riego, es de los campos y las praderas de pastoreo. Esta fuente de contaminación puede resultar en concentraciones altas en el agua y puede causar toxicidad aguda. El transporte atmosférico de plaguicidas puede ocurrir por corrientes aéreas, volatilización del sitio donde se aplicó, o por erosión del viento y formación de polvo. Este tipo de transporte ha resultado en contaminación global por DDT (11).

La estabilidad del plaguicida y otras propiedades físicas determinarán el riesgo para las especies animales. El transporte aéreo de plaguicidas es un problema muy complejo que se afecta por las propiedades físico químicas, al igual que la partícula a la cual se adsorbe el plaguicida. La volatilización de una sustancia química se debe a la presión de vapor y se afecta por varios parámetros ambientales (11).

Se han desarrollado varios modelos matemáticos que permiten predecir el transporte, destino, movilidad y disposición de las sustancias químicas en los sistemas acuáticos y terrestres; éstos son designados para mejorar la comprensión de parámetros involucrados en el destino de un químico y para predecir los niveles de exposición para los organismos en un determinado espacio y tiempo. Los modelos son herramientas valiosas y se van refinando cada día más para mejorar la estimación en las cadencias de entrada, transporte y degradación de un químico en aire, tierra, agua y biota. (18)

La contaminación del agua por plaguicidas, no ocurre normalmente a menos que el área que se esté tratando deje filtrar fácilmente el tóxico (tierras arenosas) o se inyecte directamente en suministros del agua. La adsorción por partículas orgánicas es el mecanismo principal para quitar las sustancias químicas de una solución. Esto ocurre por interacción iónica principalmente con materiales arcillosos o por partición dentro de la materia orgánica del suelo (18).

Un estudio realizado por Kearly; et al, en el año de 1969, sobre los efectos nocivos provocados por el uso de plaguicidas en la fauna silvestre y sus consecuencias ecológicas mostró que las contaminaciones por plaguicidas en mantos freáticos raramente ocurren. La excepción estaba en pozos cercanos a plantas arsenicales y/o pozos aledaños a hogares contaminados por productos contra termitas. Ha habido casos en Florida, New York y California en que algunos plaguicidas aplicados a bosques de cítricos y en campos de papa han alcanzado los mantos freáticos (18).

Los plaguicidas pueden entrar al ambiente por medio de los desechos industriales y pueden alcanzar niveles muy altos río abajo y en las desembocaduras. La solubilidad de un plaguicida en el agua, puede ser alterada por pH, por presencia de sales disueltas, material

orgánico y temperatura. Los mismos parámetros pueden modificar la toxicidad de un plaguicida para una especie animal.

Los plaguicidas o sus metabolitos que son estables y persistentes y relativamente lipofílicos, son los compuestos que causan mayor preocupación. La idea de que un plaguicida adsorbido en el sedimento no puede dañar a los animales acuáticos es incorrecta. La adsorción de la sustancia química y su desorción a un sedimento son factores cruciales en su biodisposición (21).

El sistema acuático es dinámico y presenta un intercambio continuo de plaguicidas entre la tierra, sedimento, aguas intersticiales, organismos acuáticos y la interfase agua-aire. Los plaguicidas que son persistentes ponen en riesgo a la fauna silvestre (21).

Los plaguicidas que tienen un potencial para bioconcentrarse tanto en ecosistemas terrestres y acuáticos, son generalmente muy lipofílicos y resistentes a la biodegradación por la acción de microorganismos así como por el metabolismo del hospedero que los almacena (21).

Generalmente los insecticidas organoclorados son los más persistentes, la vida media de algunos de ellos es de varios años. Los organofosforados tienen una vida media que va de días a meses. Dentro de este grupo de sustancias químicas, las de menor persistencia son algunos agentes de control biológico como las feromonas e inhibidores de quitina (18).

Otro punto importante es que si no sucede una intoxicación aguda en el momento de la aplicación del plaguicida no quiere decir que la fauna silvestre no esté en riesgo, esto es especialmente aplicable a aquellos componentes de baja toxicidad, pero que persisten. Este fenómeno es de características serias debido a la bioacumulación en la red alimenticia; sumado a estos efectos, estos productos son carcinogénicos y pueden afectar diferentes parámetros bioquímicos y fisiológicos. El uso y manejo inadecuado de los plaguicidas durante su almacenamiento, transporte o aplicación en el campo, conlleva al riesgo de intoxicación o de contaminación del ambiente (18).

2.7.1 Almacenamiento de Plaguicidas en la Fauna Silvestre

Este fenómeno obedece a las reglas que gobiernan el almacenamiento químico en los organismos. La acumulación de plaguicidas en la fauna silvestre es de vital importancia, debido a que es frecuentemente la única información de la exposición de éstas especies en diferentes lugares y poblaciones. Esta aproximación es necesaria debido a que la exposición con plaguicidas en la fauna silvestre se da de manera fortuita (18).

La dificultad de monitorear los plaguicidas en la fauna silvestre es la selección de cual compuesto se debe buscar, por ejemplo: más de 100 sustancias químicas comprendidas entre organoclorados, organofosforados y carbamatos son registrados como ingrediente activo en miles de productos utilizados como plaguicidas. Todos los factores que afectan la absorción, distribución, metabolismo y eliminación del plaguicida determinan la cantidad de compuesto presente en la fauna silvestre (18).

Como se puede predecir, el daño a la fauna silvestre varía ampliamente, dependiendo de los diferentes compuestos y dosis utilizados así como de las formas de aplicación. El mayor daño en términos generales, es el que se ha ocasionado a los organismos acuáticos, ya sea por dosis moderadas o grandes dosis de aplicación directa al agua o por una aplicación extensiva a tierras que no son de uso agrícola. La exposición continua, severa o intermitente a las descargas industriales han sido fuentes importantes de contaminación (18).

2.8 Daños provocados al ambiente por plaguicidas

La aplicación de plaguicidas en los suelos provoca literalmente un envenenamiento del mismo, esta aplicación de sustancias químicas afecta adversamente la capacidad de microorganismos y otros organismos del suelo encargados de reintegrar los elementos a los diferentes ciclos biológicos (C, N, H₂O) lo cual corta de manera tajante la circulación y reciclaje de diferentes sustancias benéficas para el ecosistema (1).

Algunas pruebas realizadas en la ex-Unión Soviética demostraron que los procesos de descomposición asociados a la conversión orgánica y el ciclo de los nutrientes puede

modificarse mediante la aplicación de sustancias químicas al suelo; el estudio indicó que la composta vegetal tratada perdió tan sólo una sexta parte de su peso en relación con muestras no tratadas, debido a que la mermada población de organismos del suelo resultaba incapaz de llevar a cabo la natural descomposición de la materia orgánica (1).

La disminución de las poblaciones de organismos del suelo indica que la mayor parte de dichos organismos resulta gravemente afectada. En los casos en que no se advierte ningún efecto adverso directo (el efecto del DDT y de otros plaguicidas sobre las lombrices de tierra constituye un ejemplo), los resultados nocivos pueden manifestarse en los consumidores secundarios, tales como algunas aves (1).

Si bien es cierto que las lombrices de tierra son inmunes incluso a concentraciones relativamente elevadas de los productos mencionados anteriormente, no lo es menos que, a su vez, almacenan y transfieren el efecto nocivo del DDT, la relación del contenido de plaguicidas en las lombrices y en el suelo alcanza proporciones de 40:1.

Los desechos y subproductos de los plaguicidas son y serán cada vez más abundantes en los principales ciclos ecológicos, esto debido a las características químicas de los productos, a las características físico-químicas del suelo y a la forma de aplicación entre otras causas (1).

La concentración de plaguicidas por mencionar algunas sustancias químicas tiende a incrementarse a medida que se asciende en la pirámide alimenticia debido a que ciertas sustancias son almacenadas en los tejidos de los consumidores, que a su vez pueden ser presa de un nuevo predador. Además se sabe que la biomasa total utilizable como alimento desciende a medida que se asciende en la pirámide (1).

Cualquier material particularmente resistente o acumulable puede persistir lo suficiente para ser transferido a un nivel superior en altas concentraciones por unidad de biomasa. Las especies que se encuentran en los niveles superiores de la pirámide trófica o alimenticia son particularmente vulnerables a este tipo de “ampliación trófica” o bioacumulación (1).

Es indudable que el efecto del DDT acelera la extinción de una gran variedad de aves, entre las que se encuentran las rapaces, las cáscaras de los huevos de las aves se adelgazan hasta el punto de hacer imposible su incubación (1).

Otro de los grandes daños provocados al ambiente por este tipo de plaguicidas es el de adquisición de resistencia de las plagas a las sustancias químicas utilizadas, lo cual provoca que cada vez se utilicen cantidades mayores de las mismas en el ambiente; sumado a los daños antes mencionados, trae como consecuencia la aparición de otra plaga que no existía, lo cual sea quizá lo más sorprendente de estos productos, esto puede deberse a que los tóxicos destruyen a gran parte de las especies parásitas de las plagas y/o a sus depredadores naturales (1).

2.9 Información General sobre el Terbufos

Terbufos es un insecticida y nematicida organofosforado usado para controlar insectos del suelo y nemátodos en maíz, remolachas y sorgo. Principalmente formulado como gránulos que se aplican a las plantas en una banda o directamente a los surcos de semillas. Terbufos se utiliza en el control del gusano alambre, gusano de la semilla del maíz, gusano blanco y larva de la raíz del maíz (12).

2.9.1 Nombre comercial

Los nombres comerciales incluyen AC 92100, Aragran, Contraven, Counter, and Plydox.

2.9.2 Estado Regulatorio en Nicaragua

El Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), dictó la Resolución Ministerial No. 23-2004, mediante la cual, en su Resuelve Segundo, estableció regulaciones estrictas para la importación, formulación, empaque y modalidad de uso de terbufos entre otros productos.

En cuanto al uso, manejo y distribución de Terbufos, la Resolución Ministerial No. 23-2004, establece literalmente lo siguiente:

- a) Se autoriza su uso únicamente para aplicaciones directas al suelo en los cultivos para los cuales está registrado: arroz de secano, café, caña de azúcar, banano, maíz, sorgo y algodón.
- b) El producto deberá comercializarse junto con la prestación del servicio del equipo de aplicación y de protección personal de los aplicadores.
- c) El producto deberá comercializarse directamente del fabricante o distribuidor autorizado al productor y deberán llevar un control de las ventas e inventarios.
- d) El producto debe ser formulado de tal manera que no libere polvo al ser manipulado.
- e) Las Empresas fabricantes, deben desarrollar empaques seguros que minimicen el riesgo de derrames accidentales. Para esto, los empaques deben ser al menos de aluminio metalizado, 100 % incinerables, seguido por 4 capas de papel kraf y una capa de papel parafinado antideslizante.
- f) El producto sólo podrá expendirse en empaques originales y con un peso mínimo de 15 kg (8).

En Estados Unidos, los productos que contienen 15% o más de terbufos se clasifican como Plaguicidas de Uso Restringido (PUR). Los PUR pueden ser comprados y usados solamente por aplicadores certificados. El Terbufos es clasificado como clase I – altamente tóxico. Los productos que contienen terbufos son marcados con la frase PELIGRO (12).

2.9.3 Clase Química

Pertenece a la clase Organofosforado.

2.9.4 Formulación

Principalmente formulado como gránulos.

2.9.5 Efectos ecológicos

Efectos en pájaros: Terbufos es extremadamente tóxico para los pájaros. Su DL₅₀ aguda en codornices japonesas es de 28.6 mg/kg. Su CL₅₀ es de 143 a 157 ppm en codornices. Las CL₅₀ reportadas en codornices japonesas son 196 a 265 ppm en un estudio de 5 días. No se han demostrado efectos en la reproducción de los pájaros producto de exposiciones crónicas a terbufos (12).

Efectos sobre organismos acuáticos: El Terbufos es extremadamente tóxico para peces e invertebrados acuáticos. La CL₅₀ en *Daphnia magna* y *Gammarus pseudogomnaens*, invertebrados de agua dulce, es de 0,00031 mg/l y 0,0002 mg/l respectivamente. Los valores de la CL₅₀ para el material técnico (88%) son de 0,008 a 0,0013 mg/l en trucha arcoiris, 0,390 mg/l en pececillos cabeza gorda y 0,0017 a 0,0024 mg/l en perca. El compuesto tiene un potencial moderado para acumularse en los tejidos de organismos acuáticos.

Efectos en otros organismos: Se espera que el Terbufos sea extremadamente tóxico para mamíferos y reptiles. No es tóxico para las abejas.

2.9.6 Destino en el ambiente

Descomposición en suelos y agua subterránea: El Terbufos es de bajo a moderadamente persistente en suelos. Es rápidamente convertido a sus metabolitos los cuales tienden a persistir en el suelo y a ser detectados en tiempos de la cosecha. El Terbufos y sus metabolitos se degradan rápidamente durante los primeros 15 a 30 días después de su aplicación, luego se estabilizan gradualmente (12).

El terbufos es generalmente inmóvil y por lo tanto no es muy probable que se filtre y contamine el agua subterránea (12). Una buena parte de la sustancia química puede ser recuperada cerca de las zonas de aplicación. Siendo de baja solubilidad en agua, el terbufos no es frecuentemente encontrado en agua subterránea. Ha sido encontrado en unas pocas

muestras de agua subterránea colectadas en algunas localidades de los Estados Unidos, en concentraciones de aproximadamente 0,01 mg/l (12).

Descomposición en la vegetación: Terbufos se mueve desde el suelo hasta las plantas, donde se descompone rápidamente. Muy poco del compuesto parental ha sido detectado en plantas (12).

2.9.7 Efectos Toxicológicos

Toxicidad Aguda: La DL₅₀ oral del terbufos varía desde 1,3 a 1,57 mg/kg en ratas hembras y desde 1,6 a 1,74 mg/kg en ratas machos. La DL₅₀ oral para el ingrediente activo grado técnico terbufos es de 3,5 mg/kg en ratones machos, 9,2 mg/kg en ratones hembras, 4,5 mg/kg en perros machos y de 6,3 mg/kg en perras (12).

La DL₅₀ dérmica en conejos es de 1,1 mg/kg por 24 horas. Terbufos es altamente tóxico tanto por la ruta de exposición dérmica como oral. Los síntomas de toxicidad aguda frecuentemente incluyen náuseas, calambres abdominales, vómito, salivación, sudor excesivo y diarrea dentro de los primeros 45 minutos después de la ingesta. La absorción dentro del corriente sanguíneo puede causar inhibición de la colinesterasa, una enzima esencial para el funcionamiento normal del sistema nervioso. Esto, puede causar fatiga, dolor de cabeza, confusión, opresión torácica, visión borrosa, mala articulación del lenguaje. Los síntomas por absorción dérmica, tales como sudoración localizada, pueden retrasarse hasta 12 horas. A dosis suficientemente altas, la muerte puede resultar por apnea o paro respiratorio, parálisis de los músculos respiratorios, ensanchamiento de los pulmones (12).

Toxicidad Crónica: En trabajadores crónicamente expuestos a terbufos, se han observado síntomas tales como: pensamiento lento, pérdida de la memoria, irritabilidad, reacciones retardadas y ansiedad. En ratas, alimentadas con dosis mayores a 0,02 mg/kg/día de terbufos, se observa inhibición de la colinesterasa (12).

Efectos reproductivos: Los estudios realizados en ratas y conejos no demuestran efectos reproductivos crónicos lo que sugiere que el terbufos probablemente no causa efectos reproductivos en humanos (12).

Efectos teratogénicos: La evidencia disponible indica que el terbufos no causa defectos congénitos (12).

Efectos mutagénicos: La evidencia disponible indica que el terbufos no produce efectos mutagénicos (12).

Órganos afectados: Terbufos puede afectar los ojos, los pulmones, la piel y el sistema nervioso central dependiendo de la ruta de exposición y de la concentración. Los estudios realizados en ratas demuestran que el terbufos puede permanecer, después de su administración, en el hígado y el riñón por un período de 6 y 12 horas respectivamente, No se han encontrado trazas de terbufos y sus metabolitos acumulados en los tejidos corporales o productos tales como huevos y leche de animales (gallinas y vacas) a los que se les ha administrado altas dosis de terbufos y sus metabolitos (12).

2.10 Información General sobre el metamidofos

Metamidofos es un insecticida/acaricida/avicida organofosforado de contacto y acción estomacal. El mecanismo de acción en insectos y mamíferos es por descenso de la actividad de una importante enzima para la función del sistema nervioso llamada acetil-colinesterasa. Esta enzima es esencial en la transmisión del impulso nervioso. Metamidofos es un potente inhibidor de la acetil-colinesterasa. Es efectivo en el control de insectos chupadores y masticadores y es usado para controlar áfidos, mosca blanca, orugas, escarabajo colorado de la papa, gusano de la papa, acáridos, langostas defoliadores de hoja y muchos otros. Su uso en cultivos incluye brócoli, coliflor, uvas, algodón, tabaco, repollo de bruselas, apio, remolachas y papas. Es usado ampliamente para muchos vegetales, maíz, melocotones y otros cultivos (12).

2.10.1 Fabricante, Nombre comercial

Fabricante: Corporación Bayer

Los nombres comerciales del producto incluyen: Monitor, Nitofol, Tamaron, Swipe, Nuratron, Vetaron, Filitox, Patrole, Tamanox, SRA 5172, y Tam (156, 13). Metamidofos es también un producto derivado del insecticida organofosforado acefate (Orthene).

2.10.2 Estado Regulatorio en Nicaragua

La Resolución Ministerial No. 23-2004, establece literalmente lo siguiente:

- a) Se autoriza su uso únicamente en los cultivos de arroz y sorgo.
- b) Debe comercializarse únicamente en envases originales, sellados y provenientes de formuladores registrados conforme la Ley No. 274.
- c) No debe ser utilizado en invernadero, jardinería y uso doméstico.
- d) Todos los manipuladores de este producto, al menos anualmente, deben someterse al análisis de colinesterasa (8).

Metamidofos fue registrado inicialmente en Estados Unidos en 1972 bajo el nombre comercial de Monitor. Fue usado principalmente en los cultivos de papas, algodón y coles para el control de un amplio espectro de insectos a través de contacto y acción sistémica con inhibición de la colinesterasa.

En 1997, la Corporación Bayer, voluntariamente canceló todos los usos de metamidofos excepto en algodón, papas y tomates (solamente como necesidades locales especiales). En 1998, se registra su uso en alfalfa como una necesidad local especial (12).

Metamidofos es clasificado por la EPA como un compuesto clase I, y debe portar la palabra "Peligro-Veneno" en productos comerciales. Los plaguicidas con esta clase de toxicidad se clasifican como Plaguicidas de Uso Restringido (PUR) (12).

2.10.3 Formulaciones

Las formulaciones comercialmente disponibles incluyen concentrado soluble, concentrado emulsificable, polvos húmedos, gránulos, spray volumen ultra bajo y concentrado en spray de agua miscible. Es compatible con muchos otros plaguicidas pero no se debe usar con materiales alcalinos (12).

2.10.4 Efectos ecológicos

Efectos en pájaros: Metamidofos es muy tóxico para pájaros, la DL_{50} oral reportada es de 8-11 mg/kg en pruebas con codorniz japonesa (12).

Efectos sobre organismos acuáticos: Metamidofos es tóxico en organismos acuáticos. La concentración en el agua que es letal para la mitad de los organismos en prueba (CL_{50}) varía de 25-51 mg/l en trucha arcoiris, 100 mg/l en carpa y 100 mg/l en pececillos de colores. Crustáceos de agua dulce, estuarina y marina son extremadamente sensitivos al metamidofos (12).

Efectos sobre otros animales: Metamidofos es tóxico en abejas (12).

2.10.5 Destino en el ambiente

Descomposición en suelo: En suelos aeróbicos, la vida media del metamidofos es de: 1,9 días en arcilla, 4,8 días en suelos arenos limosos, 6,1 días en arena y 10-12 días en suelos arenos arcillosos (12).

Descomposición en agua superficial: La vida media de la sustancia química en el agua es de 309 días a un pH de 5, a un pH de 7 es de 2,7 días y a un pH de 9 es de 3 días. La descomposición de la sustancia química ocurrirá en presencia de luz y tiene una vida media de 90 días en agua a un pH de 5 cuando hay presencia de luz (12).

Descomposición en la vegetación: Metamidofos es tomado a través de las raíces y hojas. En plantas de tomate, la vida media estimada del compuesto en frutas y hojas fue de entre 4,8-5,1 días y 5,5-5,9 días respectivamente (12).

2.10.6 Efectos Toxicológicos

Toxicidad Aguda: Metamidofos es altamente tóxico por la ruta de exposición oral, dérmica e inhalatoria. La DL_{50} observada es de 21 mg/kg de peso corporal en ratas machos, 16 mg/kg de peso corporal en ratas hembras, 30-50 mg/kg de peso corporal en cobayos y 10-30 mg/kg de peso corporal en conejos (12).

Toxicidad crónica: Los estudios en ratas demuestran un nivel de efecto no observable (NOEL) de 0,03 mg/kg/día (12).

Efectos reproductivos: En China, las autoridades de salud observaron que en hombres expuestos al producto Tamarón, se presentó una reducción en el conteo y movilidad del esperma. Los estudios de toxicidad de la EPA, demostraron un incremento de infertilidad en ratas hembras expuestas a concentraciones de metamidofos de 0,15; 0,5, hasta 1,65 mg/kg/día. El NOEL sistémico observado en los mismos estudios fue de 0,5 mg/kg/día basado en un reducido peso corporal durante el período antes del apareo (12).

Efectos teratogénicos: Algunos cambios patológicos en el hígado de fetos fueron observados en conejas preñadas expuestas al metamidofos. No se han observado defectos congénitos a dosis de 3 mg/kg/día en ratas y 2,5 mg/kg/día en conejos. En ratas expuestas a dosis de 3 mg/kg/día, se observa un descenso del peso corporal tanto en las madres como en la descendencia (12).

Efectos mutagénicos: Los resultados de pruebas de genotoxicidad o habilidad para inducir cambios en los cromosomas han sido en algunos casos positivos y negativos en otros. El metamidofos podría ser débilmente mutagénico (12).

Efectos carcinogénicos: No hay evidencia de carcinogenicidad en pruebas con ratas y ratones (12).

Órgano de toxicidad: El blanco principal de los compuestos organofosforados es el sistema nervioso. Algunos daños en el hígado han sido observados en conejos. Conteo y movilidad reducida de esperma han sido observados en humanos (12).

Destino en humanos y animales: Metamidofos es rápidamente absorbido a través del estómago, los pulmones y la piel. Es eliminado principalmente en la orina (12).

En la tabla No. 2 se presenta un resumen de las propiedades físico – químicas de terbufos y metamidofos.

2.11 Parámetros Físico – Químicos de Terbufos y Metamidofos

Tabla 2: Propiedades fisico-químicas de Terbufos y Metamidofos (2,11, 12, 21, 22)

PROPIEDADES	TERBUFOS	METAMIDOFOS
Nombre común	Terbufos	Metamidofos
Otros nombres	AC 92100, Aragan, St 100, Contraven, Counter, Plydox	Monitor, Nitofol, Tamaron, Swipe, Nuratron, Vetaron, Filitrox, Patrole, Tamanox, SRA 5172
Nombre Químico	<i>S</i> -(<i>Pert-butylthio</i>)metil; <i>O,O</i> -dietil phosphorodithioate	<i>O,S</i> -dimetil phosphoramidothioate; <i>O,S</i> -dimethylthiophosphoric acid amide; RE-9006
Usos	Insecticida, Nematicida	Insecticida, acaricida, avicida
Clase química	Organofosforado	Organofosforado
No. CAS	13071-79-9	10265-92-6
Formula Molecular	$C_9H_{21}O_2PS_3$	$C_2H_8NO_2PS$
Peso molecular	288,43	141,12 g/mol
Densidad (20 °C)	1,105 g/cm ³	1,343 g/ml
Volumen Molar	261 cm ² /mol	
Metabolitos	T. Sulfone y T. Sulfoxido	<i>O</i> -Dimetil methamidofos; DMPT; Metil mercaptan; Dimetil disulfito, Metil disulfito
Solubilidad en agua	5 mg/l	> 200 g/l (2,0 X 10 ⁻⁵ ppm)
Solubilidad en otros solventes	Acetona Hidrocarburos aromáticos	Propanol: >200 g/l Tolueno: 2 – 5 g/l

PROPIEDADES	TERBUFOS	METAMIDOFOS
	Hidrocarburos clorinados Alcohol	Diclorometano: > 200 g/l n-hexano: < 1g/l Acetona: >200 g/l Dimetilformamida: >200 g/l
Presión de vapor	34,6 mPa a 25°C	3×10^{-4} mm Hg a 30 °C
Constante de Henry	2,463 Pa m ³ /mol	8,682 atm Cu m/mol a 25C $1,6 \times 10^{-11}$ Atm.M ³ /mol (EPA)
Coefficiente de partición octanol / agua (Kow)	Fabricante: 51,400 Bowman, B. and Sans, W. 1983: 30,000	0,16
log Kow	Fabricante: 4,7 Bowman, B. and Sans, W. 1983: 4.48 Milne, 1995: 3.68	-0,796
Factor de Bioconcentración (BCF)	580	0,33
Log BCF	2,76	-0,481
Coefficiente de partición carbono orgánico – agua (Koc)	500 -661 (estimado)	0,88
Log Koc	3,15	-0,056
Coefficiente de adsorción	1448	No disponible
Coefficiente de difusión en el aire	No disponible	0,0554447
Coefficiente de adsorción de Freundlich	633 (MRID)	No disponible

PROPIEDADES	TERBUFOS	METAMIDOFOS
K_{ads} ml/g		
Límite de Freundlich	0,01 (Asumido por el modelo)	0,029
Exponente de Freundlich (1/n)	0,96	0,64
Constante de Disociación	No disponible	No se disocia

2.12 Datos de toxicidad ecológica

2.12.1 Metamidofos

Toxicidad en animales terrestres

Toxicidad aguda y sub-aguda en aves

Para establecer la toxicidad aguda oral del metamidofos en aves, es requerido realizar un estudio usando el ingrediente activo grado técnico (IAGT), las especies preferidas utilizadas en esta pruebas son el pato silvestre o la codorniz japonesa. Resultados de estudios realizados se muestran en la siguiente tabla (11):

Tabla 3: Toxicidad aguda y sub-aguda en aves.

Especies	Ingrediente activo (%)	DL ₅₀ (mg/kg)	Clasificación EPA
Codorniz japonesa (<i>Colinus virginianus</i>)	75	8	Muy altamente tóxico
Codorniz japonesa (<i>Colinus virginianus</i>)	75	10,1 (macho) 11,0 (hembra)	Altamente tóxico
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	75	8,48	Muy altamente tóxico
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	75	29,5	Altamente tóxico
Pájaro negro alas rojas	75	1,78 ²	Muy altamente tóxico

Ya que la DL₅₀ del metamidofos se registra en el rango de 1 a 50 mg i.a./Kg, metamidofos se categoriza como muy tóxico a altamente tóxico para especies de aves.

Para establecer la toxicidad sub-aguda oral del metamidofos en aves, se requieren dos estudios usando IAGT. Las especies preferidas son el pato silvestre y la codorniz japonesa. Los resultados de los estudios se muestran en la siguiente tabla (11):

Tabla 4: Toxicidad sub-aguda alimentaria en aves.

Especies	Ingrediente activo (%)	CL ₅₀ -5 días (mg/kg)	Clasificación EPA
Codorniz japonesa del norte (<i>Colinus virginianus</i>)	74	42	Muy altamente tóxico
Codorniz japonesa del norte (<i>Colinus virginianus</i>)	75	47,04	Muy altamente tóxico
Codorniz japonesa del norte (<i>Colinus virginianus</i>)	75	57,5	Altamente tóxico
Codorniz japonesa del norte (<i>Colinus virginianus</i>)	75	59	Altamente tóxico
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	75	1,302	Levemente tóxico
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	75	847,7	Moderadamente tóxico
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	70	1,650	Levemente tóxico
Codorniz japonesa (<i>Colinus virginianus</i>)	73	92	Altamente tóxico

Metamidofos es categorizado como ligeramente tóxico a muy altamente tóxico para especies de aves.

Toxicidad crónica en aves

Debido a que las aves podrían estar sometidas a exposiciones repetidas de metamidofos, especialmente antes o durante la estación de apareamiento, se requieren estudios de

reproducción usando el IAGT. Las especies de prueba preferidas son el pato silvestre y la codorniz japonesa. Los resultados de estos estudios se muestran en la siguiente tabla (11):

Tabla 5: Toxicidad crónica en aves.

Especies	Ingrediente activo (%)	NOAEC/LOAEC (ppm)	Efecto tóxico
Codorniz japonesa del norte (<i>Colinus virginianus</i>)	73	3/5	Huevos descascarados
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	73	> 15	No efecto

Los estudios en pato silvestre son complementarios ya que la codorniz es considerada como la especie más sensitiva y no es necesario repetir los estudios.

Toxicidad aguda y crónica en mamíferos

Pruebas con mamíferos salvajes son requeridas sobre la base de caso por caso, dependiendo de los resultados preliminares de los estudios de laboratorio en mamíferos, los patrones de uso esperados y el destino ambiental. En la mayoría de los casos, los valores de toxicidad en ratas o ratones obtenidos por Agency's Health Effects Division (HED) sustituyen las pruebas en mamíferos salvajes. Los valores de toxicidad se reportan en la siguiente tabla (11):

Tabla 6: Toxicidad aguda de la reproducción en mamíferos.

Especies	Ingrediente activo (%)	Tipo de prueba	Valores de toxicidad	Efecto tóxico
Ratas de laboratorio (<i>Rattus norvegicus</i>)	75	Oral aguda	DL ₅₀ = 21 mg/kg (macho) DL ₅₀ = 18,9 mg/kg (hembra)	Mortalidad (síntomas de depresión de la ChE observados)

Especies	Ingrediente activo (%)	Tipo de prueba	Valores de toxicidad	Efecto tóxico
Ratas de laboratorio (<i>Rattus norvegicus</i>)	95	Oral aguda	DL ₅₀ = 15,6 mg/kg (macho) DL ₅₀ = 13,0 mg/kg (hembra)	Mortalidad y síntomas de inhibición de la ChE observados
Conejo blanco de Nueva Zelanda	72-76	Irritación dérmica principal	Categoría de toxicidad I	La exposición a una concentración de 0.5 ppm por 24 horas, resultó en el 66 % de animales muertos en las subsiguientes 48 horas. Síntomas de inhibición de la Ech se observaron inmediatamente después de la exposición.
Conejo blanco de Nueva Zelanda	73	Irritación dérmica principal	Categoría de toxicidad I	5/9 de los animales murieron en 24 horas después de la exposición a 0.1 ppm de una dilución de monitor al 73 %. Síntomas de inhibición de la colinesterasa fueron observados inmediatamente después de la exposición.
Conejo blanco de Nueva Zelanda	72-76	Irritación del ojo primaria	Categoría de toxicidad I	0,1 ppm del ingrediente técnico aplicado en uno de los ojos resultó en la muerte de un animal

Especies	Ingrediente activo (%)	Tipo de prueba	Valores de toxicidad	Efecto tóxico
				dentro de los primeros 30 minutos. Síntomas de inhibición de la colinesterasa fueron observados en los animales.
Conejo blanco de Nueva Zelanda	75	Dérmica aguda	DL ₅₀ = 118 mg/kg (macho) Categoría de toxicidad I	Mortalidad e inhibición de la colinesterasa fueron observados.
Ratón de laboratorio (<i>Mus musculus</i>)	95	Oral aguda	DL ₅₀ = 16,2 mg/kg (hembra)	Mortalidad y síntomas de inhibición de la colinesterasa fueron observados.
Ratón de laboratorio (<i>Mus musculus</i>)	75	Oral aguda	DL ₅₀ = 18 mg/kg (hembra)	Mortalidad
Ratón de laboratorio (<i>Mus musculus</i>)	70,5	Estudio de reproducción en dos generaciones	NOAEL = 10 ppm (1) LOAEL = 33 ppm (1)	Defectos de nacimiento, disminución del peso corporal y baja sobrevivencia de las crías.

(1) : El estudio indica que 10 ppm = 0.5 mg/kg/día y 33 ppm = 1.65 mg/kg/día.

Un análisis de los resultados indica que el metamidofos es categorizado como altamente tóxico para mamíferos pequeños sobre una base oral aguda y dérmica. Aparentemente no hay problemas de palatabilidad en los estudios.

Toxicidad aguda en insectos

Un estudio de contacto agudo en abejas usando IAGT es requerido para metamidofos debido a que su uso en algunos cultivos resulta en exposición para las abejas. Los resultados de estos estudios se muestran en la siguiente tabla (11):

Tabla 7: Toxicidad aguda en insectos.

Especies	Ingrediente activo (%)	DL₅₀ (µg/abeja)	Clasificación EPA
Abeja (<i>Apis mellifera</i>)	63	1,37	Altamente tóxico

Un análisis de los resultados indica que el metamidofos es categorizado como altamente tóxico para abejas (11).

Toxicidad en animales acuáticos de agua dulce

Toxicidad aguda para peces de agua dulce

Para establecer la toxicidad del metamidofos para peces, se requieren dos estudios de toxicidad usando IAGT. Las especies de prueba preferidas son la trucha arcoiris (un pez de agua fría) y pececillo anguila azul (bluegill sunfish) un pez de agua cálida, los resultados de los estudios se presentan en la siguiente tabla (11):

Tabla 8: Toxicidad aguda en peces de agua dulce.

Especies	Ingrediente activo (%)	CL₅₀ 96-horas (ppm)	Clasificación EPA
Trucha arcoiris (estática) (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	74	25	Ligeramente tóxico
Trucha arcoiris (estática) (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	71	40 (i.a.)	Ligeramente tóxico

Especies	Ingrediente activo (%)	CL ₅₀ 96-horas (ppm)	Clasificación EPA
Trucha arcoiris (estática) (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	40 ¹	37	Ligeramente tóxico
Trucha arcoiris (estática) (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	75	51	Ligeramente tóxico
Perca (<i>Lepomis macrochirus</i>)	74	34	Ligeramente tóxico
Perca (<i>Lepomis macrochirus</i>)	40 ⁵	31	Ligeramente tóxico
Perca (<i>Lepomis macrochirus</i>)	75,4	45	Ligeramente tóxico
Perca (<i>Lepomis macrochirus</i>)	75	46	Ligeramente tóxico
Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	90	68 ²	Ligeramente tóxico

Toxicidad crónica para peces de agua dulce

No se requieren pruebas en peces juveniles usando IAGT para metamidofos debido a que la concentración ambiental estimada en el agua es menor que 0.01 para cualquier valor de CL₅₀ aguda (11).

Toxicidad aguda para invertebrados de agua dulce

Para establecer la toxicidad del metamidofos en invertebrados acuáticos, se requiere una prueba de toxicidad usando el IAGT. Las especies de prueba preferidas son *Daphnia magna*. Los resultados se muestran en la siguiente tabla (11):

¹ Formulación del 40 % es en glicol propileno. El autor concluye que el glicol propileno contribuye a la toxicidad de la formulación

² Dosis sub-letales afectan la tasa de crecimiento de la carpa. A concentraciones de 20 ppm por un período de 48 horas disminuye la actividad del cerebro e hígado.

Tabla 9: Toxicidad aguda en invertebrados de agua dulce

Especies	Ingrediente activo (%)	CL ₅₀ -48 horas/EC50 (ppm)	Clasificación EPA
Pulga de agua (<i>Daphnia magna</i>)	74	0,026	Muy altamente tóxico
Pulga de agua (<i>Daphnia magna</i>)	72	0,050	Muy altamente tóxico
Pulga de agua (<i>Daphnia magna</i>)	Técnico	0,027	Muy altamente tóxico
Camarón de río (<i>Macrobrachium rosenbergii</i>)	Tamaron 600 (600 g/L)	0,000042 ³ (42 ng/L)	Muy altamente tóxico

Ya que la EC₅₀⁴ se encuentra en rangos menores que 1 ppm, metamidofos es categorizado como muy altamente tóxico para invertebrados acuáticos (11).

Toxicidad crónica en invertebrados de agua dulce

Un estudio en el ciclo de vida de los invertebrados acuáticos usando el IAGT es requerida para metamidofos ya que se espera que el producto final sea transportado al agua desde el sitio donde se pretende usar y se deben cumplir las siguientes condiciones:

- 1) El uso que se pretende para el plaguicida debe ser tal que su presencia en el agua sea probablemente continua o recurrente debido a varias aplicaciones.

³ Se usó en este estudio una renovación estática cada 24 horas. Cada vez que los organismos fueron manipulados, se presentó mortalidad tanto en las muestras testigo como en las de prueba. La etapa de vida más similar a la etapa de vida de las especies de *Daphnia magna* durante los estudios guías es la etapa post larva. Aunque el valor de la CL₅₀-48 horas para la etapa de post larva es de 30 ppt, los encargados de revisar los estudios no utilizaron este valor para la evaluación del riesgo debido a la baja tasa de sobrevivencia en los controles después de 24 horas. Por lo tanto, se usó el valor de la CL₅₀ 24 horas correspondientes a 42 ppt para la etapa de post larva. En este estudio se experimentó Zoea I, IV, VII y etapas de post larva con valores de CL₅₀ de 24, 48 y 96 horas. Los valores para la CL₅₀ oscilaron de 0.22 ppt para 96 horas para la etapa de Zoea IV hasta 42 ppt para 24 horas en la etapa post-larva.

⁴ Concentración Ambiental Media

- 2) La CL₅₀ aguda para camarón de río es menor que 1 mg/l.
- 3) La EEC⁵ en agua es igual o mayor que 0.01 del valor de la CL₅₀ aguda en camarón de río. La especie preferida para estos estudios es la *Daphnia magna*.

Toxicidad en animales marinos y estuarinos

Toxicidad aguda en peces marinos y estuarinos

Para metamidofos se requieren estudios de toxicidad aguda con peces marinos/estuarinos utilizando el ingrediente activo grado técnico debido a que se pretende que el producto final sea aplicado de forma directa en el ambiente marino/estuarino o que el ingrediente activo alcance este ambiente debido a su uso en zonas costeras (11).

Tabla 10: Toxicidad aguda peces marinos y estuarinos

Especie	Ingrediente activo (%)	CL ₅₀ -96 horas (ppm) medido / nominal	Clasificación EPA
Bolín o cachorrito común (<i>Cyprinodon variegatus</i>)	70,1	5,6	Moderadamente tóxico

Ya que la CL₅₀ se encuentra en el rango de 1-10 ppm, metamidofos es categorizado como moderadamente tóxico para peces estuarinos/marinos.

Toxicidad crónica en peces marinos y estuarinos

No se requieren pruebas de toxicidad en peces juveniles estuarinos y marinos usando el ingrediente activo grado técnico para metamidofos debido a la falta de persistencia y que EEC en el agua es menor a 0.01 para cualquier valor de la CL₅₀ aguda (11).

⁵ Concentración Ambiental Estimada

Toxicidad aguda en invertebrados marinos y estuarinos

Para metamidofos se requieren pruebas de toxicidad aguda con invertebrados marinos/estuarinos usando el ingrediente activo grado técnico debido a que se espera que este alcance el ambiente por el uso en plantaciones de algodón y tomate en zonas costeras. Las especies de prueba preferidas son el camarón y la ostra de pascua. Los resultados de los estudios se presentan en la siguiente tabla (11):

Tabla 11: Toxicidad aguda invertebrados marinos y estuarinos.

Especie	Ingrediente activo (%)	CL₅₀/CA₅₀ -96 horas (ppm)	Clasificación EPA
Ostra de pascua (<i>Crassostrea virginica</i>)	72,9	36	Levemente tóxico
Camarones (etapa de mysis) (<i>Americamysis bahia</i>)	Técnico	1,05	Moderadamente tóxico
Camaron azul (<i>Penaeus stylirostris</i>)	Tamaron 600 (600 g/l)	0,000016 ⁶ (160 ppt)	Muy altamente tóxico

Metamidofos es categorizado como altamente tóxico a ligeramente tóxico para invertebrados estuarinos/marinos (11).

Toxicidad crónica en invertebrados marinos y estuarinos

Para metamidofos una prueba de toxicidad en el ciclo de vida en invertebrados marinos/estuarinos usando el ingrediente activo grado técnico es requerida debido a que se

⁶ Se usó en este estudio una renovación estática cada 24 horas. Cada vez que los organismos fueron manipulados, se presentó mortalidad tanto en las muestras testigo como en las de prueba. La etapa de vida más similar a la etapa de vida de las especies de *Mysid shrimp* durante los estudios guías es la etapa Mysis. Aunque el valor de la CL₅₀-36 horas para la etapa de mysis es de 8 ppt, los encargados de revisar los estudios no utilizaron este valor para la evaluación del riesgo debido a la baja tasa de sobrevivencia en los controles después de 24 horas. Por lo tanto, se usó el valor de la CL₅₀ 24 horas correspondientes a 160 ppt para la etapa mysis. En este estudio se experimentó con camarones en las etapas de nauplio, protozoo y mysis y se determinó los valores de la CL₅₀ para cada etapa a las 24 y 36 horas. Los valores para la CL₅₀ oscilaron de 0,6 ppt para 36 horas para la etapa nauplio hasta 800 ppt para 12 horas para la etapa mysis.

espera que el producto final sea transportado al ambiente desde el sitio de aplicación (algodón y tomate) y deben cumplirse las siguientes condiciones:

- 1) El uso que se pretende para el plaguicida debe ser tal que su presencia en el agua sea probablemente recurrente independientemente de la toxicidad debido a varias aplicaciones.
- 2) La CL_{50} aguda acuática para camarón en la etapa de mysis es de 1 mg/l. La especie de prueba preferida es el camarón en la etapa de mysis (11).

Toxicidad en plantas

Plantas terrestres

Actualmente no se requieren estudios de toxicidad en plantas terrestres para plaguicidas que no sean herbicidas excepto sobre la base de un estudio caso por caso (ejemplo: etiquetando datos sobre prevención de incidentes de fitotoxicidad o literatura que demuestre la fitotoxicidad). Se conoce que el metamidofos causa fitotoxicidad en plantas terrestres (11).

Para pruebas de emergencia de las semillas y vigor vegetativo las siguientes especies de plantas y grupos deben ser probadas:

- 1) Seis especies de las cuales al menos cuatro familias son dicotiledóneas, una de las cuales es soya (*Glycine max*) y la otra un tubérculo.
- 2) Cuatro especies de las cuales al menos dos familias son monocotiledóneas, una de las cuales es el maíz (*Zea mays*).

Plantas acuáticas

Actualmente, no se requieren pruebas en plantas acuáticas para plaguicidas que no sean herbicidas y fungicidas excepto sobre la base de un estudio caso por caso (ejemplo:

etiquetando datos sobre prevención de incidentes de fitotoxicidad o literatura que demuestre la fototoxicidad (11).

2.12.2 Terbufos

Aves

Toxicidad aguda y sub-aguda en aves

Para establecer la toxicidad del terbufos en aves, los datos mínimos requeridos sobre el material técnico son:

- Una prueba para determinar la DL₅₀ con una dosis única ya sea con una especie de ave acuática, preferiblemente pato silvestre, o una especie de ave de caza de regiones altas preferiblemente codorniz japonesa.
- Dos pruebas para determinar la CL₅₀ en el régimen alimentario, una con una especie de ave acuática, preferiblemente pato silvestre y una con una especie de ave de caza de regiones altas preferiblemente codorniz japonesa.

En la siguiente tabla se presentan resultados de los estudios de toxicidad (11):

Tabla 12: Toxicidad aguda y sub-aguda en aves.

Especie	% del IA ⁷	DL ₅₀ (mg/kg)	Clasificación EPA
Toxicidad oral aguda en aves			
Codorniz japonesa (<i>Colinus virginianus</i>)	89,6	29 (22 – 57)	Altamente tóxico
	Terbufos técnico	15 (12 – 19)	Altamente tóxico
Toxicidad alimenticia sub-aguda en aves			
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	86	520 (400 – 676)	Moderadamente tóxico
	86	160 (131 – 195)	Altamente tóxico

⁷ Ingrediente Activo

Espece	% del IA ⁷	DL ₅₀ (mg/kg)	Clasificación EPA
Codorniz japonesa	87,8	157 (125 – 201)	Altamente tóxico
(<i>Colinus virginianus</i>)	86	140 (107 – 183)	Altamente tóxico

Los resultados mostrados en la tabla anterior demuestran que el terbufos es altamente tóxico para aves.

Los resultados de los estudios de toxicidad sub-aguda en aves se muestran en la siguiente tabla (11):

Tabla 13: Toxicidad sub-aguda en aves.

Toxicidad sub-aguda en aves vía ingesta			
Espece	% del IA	CL ₅₀	Clasificación EPA
Pato silvestre	86	520 (400 – 676)	Moderadamente tóxico
(<i>Anas platyrhynchos</i>)	86	160 (131 – 195)	Altamente tóxico
Codorniz japonesa	87,8	157 (125 – 201)	Altamente tóxico
(<i>Colinus virginianus</i>)	86	140 (107 – 183)	Altamente tóxico

Sobre las bases de una dieta sub-aguda terbufos es de moderado a altamente tóxico para aves (11).

Toxicidad crónica en aves

Los estudios de reproducción en aves son requeridos debido a que el terbufos en el suelo tiene una vida media mayor de cuatro días (11). Con el objetivo de establecer la toxicidad crónica del terbufos en aves se requieren los siguientes datos del material técnico:

- Dos estudios reproductivos en aves, uno con una especie de ave acuática, preferiblemente pato silvestre y una con una especie de ave de caza de regiones altas preferiblemente codorniz japonesa

Tabla 14: Toxicidad crónica en aves.

Especie	Ingrediente activo (%)	Clasificación EPA
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Material técnico	No se encontró deterioro significativo a niveles de 2-20 ppm por ingesta. Sin embargo, cercano a los 20 ppm alcanza cierto nivel de significancia.
Codorniz japonesa (<i>Colinus virginianus</i>)	Material técnico	No se encontró deterioro significativo a niveles de 2-20 ppm.
Pato silvestre (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Material técnico	A 15 ppm los efectos sobre los embriones son posibles pero no estadísticamente significativo y no hay efecto por debajo de los 30 ppm.
Codorniz japonesa (<i>Colinus virginianus</i>)	Material técnico	No hay efecto por debajo de 30 ppm

Estos estudios indican que el NOEL es aproximadamente de 15 ppm, basado en la viabilidad embrionaria del Pato silvestre (11).

Mamíferos

Toxicidad oral aguda en mamíferos

En la siguiente tabla se presentan los resultados de estudios de toxicidad en mamíferos.

Tabla 15: Toxicidad oral en mamíferos.

Especie	Ingrediente activo (%)	DL₅₀ (mg/kg) Hembras y machos	Clasificación EPA
Ratas	96,7	4,5; 9,0	Muy altamente tóxico
Ratas	86,0	1,74; 1,57	Muy altamente tóxico
Perro	96,7	4,5; 6,3	Muy altamente tóxico
Ratón	96,7	3,5; 9,2	Muy altamente tóxico

Los resultados anteriores demuestran que el terbufos es muy altamente tóxico para mamíferos (11).

Peces de agua dulce

Toxicidad aguda con el material técnico

Con el objetivo de establecer la toxicidad para peces de agua dulce, los datos mínimos requeridos sobre el grado técnico del ingrediente activo son:

- Dos estudios de toxicidad en peces de agua dulce, en uno de los cuales se podría usar especies de agua fría (preferiblemente la trucha arco iris) y en el otro especies de agua cálida (preferiblemente perca). En la siguiente tabla se presentan los resultados de estos estudios (11).

Tabla 16: Toxicidad aguda en peces.

Especie	Ingrediente activo (%)	CL₅₀ (ppb)	Clasificación EPA
Perca	86,0	0,77 (0,72-0,83)	Muy altamente tóxico
Perca	86,3	3,8 (2,8-4,9)	Muy altamente tóxico
Perca	88,6	0,87 (0,77-1,0)	Muy altamente tóxico
Trucha café	86,0	20 (12,6-34,3)	Muy altamente tóxico
Trucha arco iris	86,3	9,4 (7,7-11,4)	Muy altamente tóxico
Bagre de canal	88,6	9,6 (8,5-11,1)	Muy altamente tóxico

Los resultados de cuatro estudios de toxicidad aguda de 96 horas indican que el terbufos es muy altamente tóxico para peces de aguas frías y cálidas (11).

Toxicidad aguda con producto formulado

Dos estudios para determinar la CL_{50} en peces, con una duración de 96 horas y usando la formulación granular del 15 %, son necesarios para evaluar la peligrosidad del terbufos en el caso de que la CL_{50} del ingrediente activo grado técnico se aproxime a los niveles residuales esperados en el ambiente acuático cuando el plaguicida es usado de forma directa o, si se espera que un componente del producto, diferente al del ingrediente activo, aumente la toxicidad del mismo. Si es necesario, uno de los estudios debe ser conducido en peces de agua fría y otro en peces de agua cálida. En la siguiente tabla, se muestran los resultados de estudios de CL_{50} realizados por la EPA, con terbufos formulación granular 15 % (11).

Tabla 17: Toxicidad aguda del producto formulado en peces.

Especie	Ingrediente activo (%)	CL_{50} (ppb) CL_{50} (i.a.)	Clasificación EPA
Perca	15	12,3 (9,8-15,2) 1,8 (1,5-2,3)	Muy altamente tóxico
Trucha arco iris	15	59,7 (48,1-74,3) 9,0 (7.2-11)	Muy altamente tóxico

Estos resultados demuestran que la formulación granular 15% de terbufos es altamente tóxico para peces de agua dulce (11).

Invertebrados acuáticos

Toxicidad aguda

Para evaluar la peligrosidad del plaguicida se requiere de una prueba de toxicidad de 48 horas con el ingrediente técnico, preferiblemente usando *Daphnia magna*, anfípodos. Los resultados de estudios realizados por la EPA se presentan en la siguiente tabla (11):

Tabla 18: Toxicidad aguda en invertebrados acuáticos.

Especie	Ingrediente activo (%)	CL₅₀ (ppb)	Clasificación EPA
<i>Daphnia magna</i>	88,6	0,31 (0,27-0,36)	Muy altamente tóxico
<i>Gammarus pseudolimnaeus</i>	88	0,2 (0,1-0,3)	Muy altamente tóxico
<i>Chironomus plumosus</i>	88	1,4 (1-2)	Muy altamente tóxico

La información es suficiente para caracterizar al terbufos como muy altamente tóxico para invertebrados acuáticos (11).

Toxicidad crónica

Se requiere al menos un estudio en el ciclo de vida de los invertebrados acuáticos debido a que la toxicidad aguda del terbufos para los organismos acuáticos, está por debajo de 1 mg i.a./L. Resultados de estudios realizados por la EPA, se presentan en la siguiente tabla (11):

Tabla 19: Toxicidad crónica en invertebrados acuáticos.

Especie	Ingrediente activo (%)	MATC	Clasificación EPA
<i>Daphnia magna</i>	98,4	NOEC 30ppt, LOEC 76 ppt MATC 48 ppt.	Muy altamente tóxico

Los resultados indican que el terbufos causa efecto tóxico crónico para invertebrados de agua dulce a niveles extremadamente bajos (11).

Animales estuarino/marinos

Las pruebas de toxicidad aguda con organismos estuarino/marinos se requieren cuando se pretende aplicar de forma directa un producto formulado en el ambiente estuarino/marino o si se espera que concentraciones significantes alcancen estos ecosistemas (11).

Los requerimientos bajo esta categoría incluyen una prueba de CL_{50} de 96 horas para un pez estuarino, camarón y ya sea un estudio en larvas de 48 horas o un estudio de deposición en conchas de 96 horas (11).

Resultados de estudios realizados por la EPA, se presentan en la siguiente tabla (11):

Tabla 20: Toxicidad aguda en animales estuarinos/marinos.

Especie	Material de prueba (%) IAGT	CL_{50} / CA_{50}	Clasificación EPA
Ostra de pascua	89,2	$EC_{50} = 0,20$ mg i.a./l	Altamente tóxicos
Mysis	98,4	$LC_{50} = 0,22$ ppb	Muy altamente tóxico
	98	0,40 ppb	Muy altamente tóxico
Bolín o Cachorrillo común	98	3,2 ppb	Muy altamente tóxico
	98,4	1,6 ppb	Muy altamente tóxico

Esta información es suficiente para caracterizar al terbufos como muy altamente tóxico para organismos estuarino/marinos y altamente tóxicos para la ostra de pascua (11).

2.13 Evaluación del Riesgo

La evaluación del riesgo ecológico es el procedimiento mediante el cual se establece la probabilidad de que se produzcan efectos adversos en el ambiente como resultado de la exposición a una sustancia, tecnología o actividad. Por tanto, para que exista un riesgo es necesario que exista la posibilidad de ser expuesto a un peligro potencial es decir, al conjunto de características intrínsecas por las que se produce un efecto adverso (13).

La Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente de Australia (Australia's National Environment Protection), define la Evaluación de Riesgo Ecológico (ERA) como: “La técnica por medio de la cual los efectos adversos actuales y potenciales que un contaminante puede causar sobre las plantas, animales o ecosistemas, pueden ser evaluados de forma sistemática (13).

El proceso es usado de una manera sistemática, para evaluar y organizar datos, información, hipótesis e incertidumbres con el objetivo de ayudar a entender y predecir la relación entre el estresor y los efectos ecológicos de una manera útil para la toma de decisiones ambientales. Una evaluación puede incluir estresores físicos o biológicos y se pueden considerar uno o varios estresores (11).

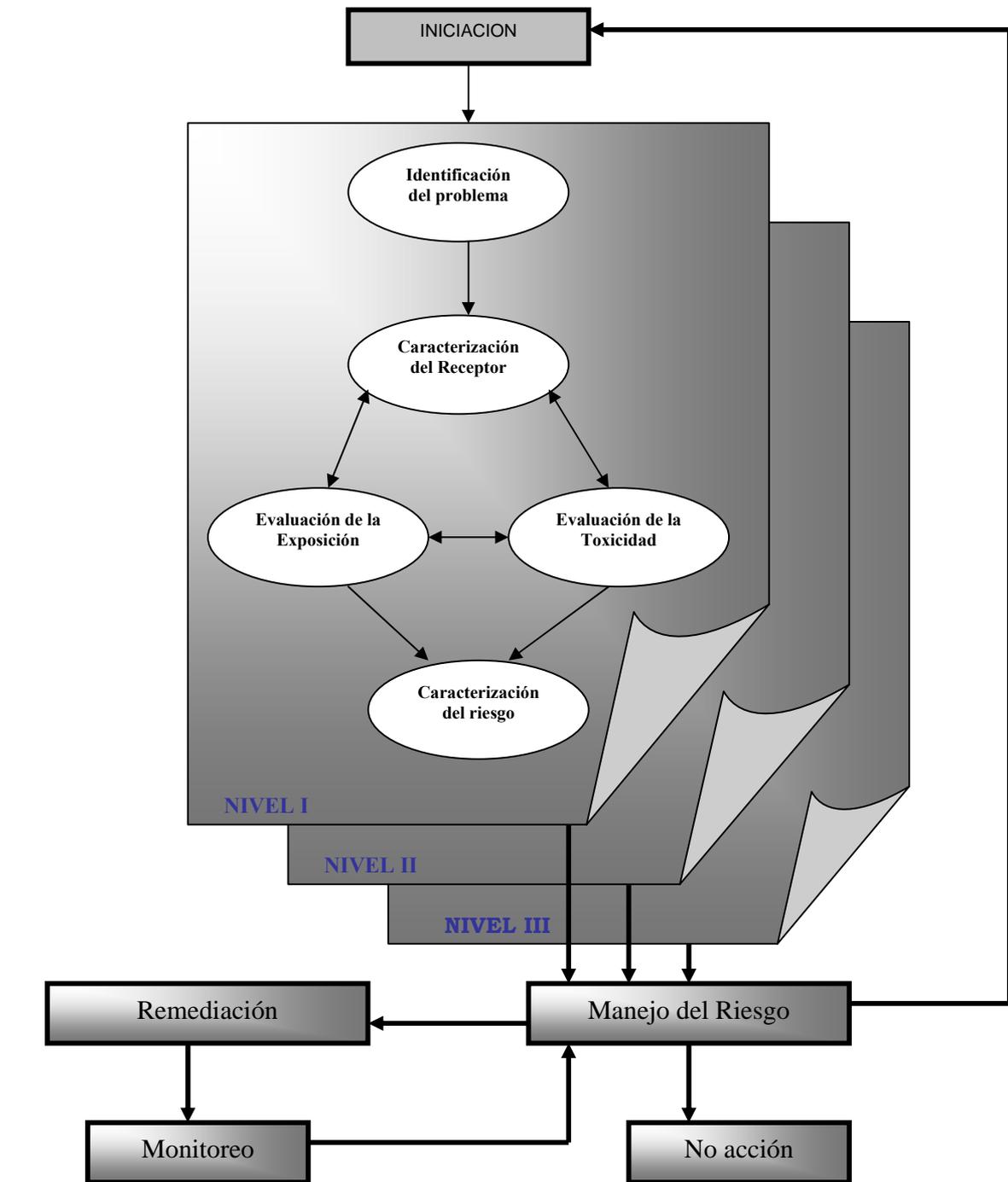
El proceso de la Evaluación de Riesgo Ecológico incluye:

- **Identificación o formulación del problema:** El objetivo de esta etapa es responder a la interrogante ¿Qué es lo que debe ser evaluado? La identificación del problema incluye: la caracterización del sitio, la elaboración de un modelo conceptual, evaluación de los parámetros que puedan influenciar la toxicidad y exposición (13).
- **Caracterización del receptor⁸:** El objetivo de esta etapa es identificar tanto la forma como los receptores que pueden ser afectados adversamente por los contaminantes de preocupación. Un receptor es cualquier planta o animal que pueda ser potencialmente afectado por el contaminante. Algunos aspectos que deben tomarse en cuenta en esta etapa son: escala, sensibilidad y visibilidad (13).
- **Evaluación de la exposición:** El objetivo de esta etapa es dar respuesta a la interrogante ¿A qué concentración del contaminante puede estar expuesto el receptor? Algunos aspectos que deben considerarse son: características de la fuente, distribución del contaminante, vías de transporte, destino y dosis/exposición estimada para el receptor (13).

⁸ Individuos, especies, poblaciones, comunidades, hábitat y ecosistemas

- **Evaluación de la toxicidad:** El objetivo de esta fase es establecer la relación entre el contaminante y el receptor determinando los efectos adversos potenciales que el contaminante puede causar y a que concentración (13).
- **Caracterización del riesgo:** El objetivo de la caracterización del riesgo es cotejar y resumir la información obtenida durante las tareas previas. La caracterización del riesgo involucra una cuantificación del riesgo potencial para los receptores, relacionando las concentraciones del contaminante en el sitio con los criterios establecidos y decidir sobre la probabilidad de que ocurran efectos adversos (13).

La evaluación de riesgo ecológico puede ser conducida en tres diferentes niveles, en la figura 1 se muestra niveles a los cuales puede ser conducida la ERE (13):

Figura No. 1 Marco Lógico de la Evaluación de Riesgo Ecológico⁹

⁹ Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente de Australia (Assessment of Site Contamination, 1999).

El grado de detalles y calidad de los datos en cada nivel se describe como (13):

Nivel 1: Datos cualitativos

Nivel 2: Datos semi-cuantitativos

Nivel 3: Datos cuantitativos

El Nivel 1 es un proceso cualitativo. A este nivel la verificación de la información ya sea a través de una revisión bibliográfica o una investigación en el sitio debe ser preliminar (13).

El propósito de este nivel es determinar dos aspectos principales:

- La existencia de una ruta de exposición potencialmente completa¹⁰ entre los contaminantes y el receptor potencial, y
- Si las concentraciones del contaminante exceden los valores aceptables para receptores relevantes o compartimentos ambientales.

La ruta de exposición puede ser clasificada como incompleta, completa o potencialmente completa. No se considera completa si no se encuentra presente un hábitat para receptores ecológicos (13).

Si se determina que la ruta de exposición es incompleta, es decir que no existe un contacto entre el plaguicida y el receptor potencial, o que las concentraciones ambientales previstas no exceden los criterios para los valores ecológicos, el proceso deberá ser suspendido sin proceder al nivel 2 y deberá tomarse una decisión sobre el manejo del riesgo. Si por el contrario, se determina que las concentraciones ambientales previstas exceden los valores ecológicos guías, entonces se requiere de un nivel de evaluación más detallado (13).

El nivel 2 de la ERE, es el más detallado de los niveles y es el que se utiliza para la mayoría de los sitios. Este nivel puede incluir una mayor investigación en el lugar si se requiere, pero es principalmente orientado a una revisión literaria más intensa para modificar los criterios de referencia asumidos en el nivel 1 (13).

¹⁰ Se define como "Ruta de exposición potencialmente completa" aquella en la cual el contaminante puede ser rastreado o se espera que este se transfiera desde una fuente hasta un receptor que puede ser afectado por el mismo.

Si las concentraciones del contaminante no exceden los criterios modificados, el proceso de ERE debe ser suspendido sin proceder al nivel 3 y se deberán tomar las decisiones para el manejo del riesgo ecológico (13).

Algunos sitios pueden resultar suficientemente grandes o complejos como para justificar el nivel de detalles e investigación requerido para el nivel 3 de la ERE. El nivel 3 incluye el desarrollo de modelos complejos soportados por una investigación más intensa de los contaminantes en cuestión, vías y características del receptor en el sitio (13).

El objetivo de este nivel es adaptar los valores de los criterios modificados calculados en el nivel 2 para lograr una representación más aproximada del riesgo que los contaminantes representan para el receptor específico (13).

Es importante entender que al proceder de un nivel cualitativo a un nivel semi-cuantitativo y subsecuentemente a un nivel cuantitativo permite disminuir el grado de conservatismo y aumentar el grado de certidumbre de que los valores alcanzados en el estudio se aproximen a valores verdaderos (13).

Cada una de las etapas de la ERA descritas en el acápite 2.12, deben ser aplicadas y desarrolladas para proporcionar la información y datos necesarios para la toma de decisiones en el manejo del riesgo o para decidir si se debe o no proseguir al siguiente nivel de ERA (13).

2.13.1 Datos que se requieren para la evaluación del riesgo

Para conducir una evaluación de riesgo ecológico es necesario contar con un conjunto de datos preliminares que permitan establecer los factores que gobiernan el comportamiento de las sustancias químicas en el ambiente. En primer lugar se encuentran el conjunto de condiciones ambientales prevalecientes, en segundo lugar las propiedades del contaminante a evaluar y en tercer lugar los patrones de uso, el compartimiento en el cual la sustancia es

introducida si la aplicación es continua o esporádica y en el caso particular de los plaguicidas como, con que tipo de aditivos y con cual ingrediente activo se aplican (22).

El conjunto de datos que se requieren para conducir la ERE incluye, pero no se limita a:

Propiedades físicas y químicas del contaminante

- Identidad: Nombre común, nombre químico, fórmula empírica, peso molecular, número de código.
- Propiedades físicas: Aspecto, punto de fusión, descomposición y ebullición, presión de vapor, solubilidad en agua y solventes orgánicos, coeficiente de partición entre el agua y un solvente no mezclable, densidad (líquidos), índice de hidrólisis y espectros de absorción.
- Ingrediente activo grado técnico.
- Procedencia, aspecto, contenido mínimo de ingredientes activos, identidad y cantidad de isómeros, impurezas y otros subproductos.
- Patrones de uso.

Toxicología

- Toxicidad aguda (oral y cutánea, la respiratoria sólo si se indica) en mamíferos (dos especies, dos sexos): Dosis letal para 50% de los organismos (DL₅₀) y, cuando proceda concentración letal 50 (CL₅₀).
- Propiedades irritantes y corrosivas para piel y ojos.
- Toxicidad subcrónica (90 días), oral en dos especies (una de roedores).
- Estudios de reproducción (dos generaciones en ratas).
- Teratogenicidad en dos especies (una de roedores).
- Neurotoxicidad de compuestos fosforados orgánicos en gallinas.
- Mutagenicidad (puntos finales de la cadena genética).
- Toxicidad de larga duración por vías adecuadas en una especie como mínimo (ratas).
- Carcinogenicidad.
- Observaciones en humanos cuando sea posible.

2.13.2 Modelos para caracterización del riesgo ecológico

La caracterización del riesgo es la etapa final del proceso de evaluación de riesgos. Este componente comprende la estimación del riesgo y su descripción. El proceso general es una correlación del efecto ecológico con la concentración ambiental para proporcionar las probabilidades de que se produzcan los efectos en función de la distribución del factor de tensión en el sistema (13)

El riesgo ecológico se puede caracterizar a través de modelos empíricos, modelos de proceso o mecanísticos y modelos físicos y experimentales.

El modelo empírico

El modelo empírico se aplica mediante la comparación de valores únicos de efecto y exposición, basados en la relación de una concentración de exposición y un valor toxicológico. La integración de la exposición con un dato único de toxicidad se expresa como el cociente de peligrosidad (Q), que es el cociente de la concentración estimada a una exposición ambiental (CAE) dividido por la concentración toxicológicamente efectiva (CTE) (13).

$$Q = CAE / CTE$$

El cálculo del cociente Q es simplemente una generalización del tipo de análisis utilizado para la caracterización del riesgo y un cociente mayor a 1 es considerado como indicativo de que la sustancia química es de preocupación (13).

Este método supone que las concentraciones en el ambiente no cambian en el tiempo y el espacio y que los datos relacionados con el efecto son los adecuados para ser extrapolados directamente al campo. Es un método muy útil para elaborar un primer cálculo del riesgo, pero no debe considerarse como una estimación cuantitativa, por lo que es difícil integrar estos resultados con cualquier parámetro de evaluación que esté expresado en términos de probabilidad (por ejemplo, la probabilidad de que la reproducción disminuya en un 30%). Además, en una evaluación definitiva debe considerarse la magnitud del cociente y no simplemente si excede o no de 1 (13).

El cociente resultante Q , puede compararse con una jerarquización de algunos cocientes relativos, lo que puede indicar posibles efectos adversos a organismos no blancos (13). Por ejemplo:

$Q < 0.1$ = Efectos no adversos

$0.1 < Q < 10$ = Posibles efectos adversos

$Q > 10$ = Probables efectos adversos

La etapa de caracterización del riesgo conlleva a la decisión de conducir o no la ERE a niveles más detallados. Esta decisión depende de los hallazgos de investigaciones preliminares. En Estados Unidos, donde la ERE es un proceso ampliamente usado, se han establecido criterios que permiten establecer si existe un nivel de contaminación que requiera una evaluación de riesgo más profunda y/o actividades de remediación para proteger la salud humana. Para tales fines, la EPA estableció la tabla de niveles de limpieza en suelos (Soil Cleanup Level look-up table), la que proporciona un método simple y fácil de usar para evaluar la necesidad de conducir la ERE a un nivel más alto. Este método establece concentraciones umbrales para 600 diferentes compuestos. Los valores han sido derivados por la EPA (11).

La tabla de niveles de limpieza en suelos, incluye sustancias químicas para las cuales la EPA ha aprobado criterios de toxicidad o medidas que relacionan exposición potencial de un químico a un efecto en la salud humana (11). (Ver anexo 11).

La tabla de niveles de limpieza de suelos, es una lista de más de 600 sustancias químicas individuales con niveles de limpieza precalculados, basados en: 1) Contacto directo con el suelo (lo que incluye ingesta, contacto dérmico e inhalación) y 2) el riesgo potencial de que la contaminación del suelo migre hacia las aguas subterráneas. Esta tabla proporciona un método sencillo para evaluar si hay presencia de contaminación en el suelo a un nivel que requiera un mayor nivel de evaluación y/o remediación para protección de la salud humana (11).

La tabla de Niveles de Limpieza en suelos, incluye dos niveles de limpieza precalculados para cada químico individual:

1) Contacto Residencial: Los niveles de limpieza están basados en el contacto directo de los seres humanos con el suelo, asumiendo que no existen restricciones para el uso del sitio. Bajo esta hipótesis, el tipo de exposición más conservativo (el tipo de exposición que puede resultar en el nivel más alto de contacto con el químico) generalmente es el escenario de exposición residencial (11).

2) Migración hacia las aguas subterráneas: El nivel de limpieza está basado en la hipótesis de que cierta cantidad del químico migrará a través del suelo hacia el agua subterránea. En este caso, el nivel de limpieza es basado en la cantidad del químico en el agua subterránea que es aceptable desde un punto de vista de riesgo para la salud humana, asumiendo que el agua subterránea será usada como una fuente de abastecimiento (11).

La tabla de niveles de limpieza del suelo, ha sido diseñada para propósitos específicos. Se pretende proveer al evaluador, de niveles de limpieza conservativos, basados en el riesgo, para evaluaciones a nivel de screening (11).

Modelos computarizados para evaluar el destino final de los plaguicidas

El campo de la Evaluación de Riesgo Ecológico ha tenido avances significativos en el desarrollo de modelos computarizados utilizados para simular los procesos ambientales tales como el flujo de agua, transporte de contaminantes a través del suelo u otros medios, transformaciones bioquímicas y absorción de contaminantes por las plantas o animales (22).

El primer paso para el uso de modelos computarizados es el desarrollo de un modelo conceptual del sitio, el cual consiste en un set de hipótesis simplificadas que describen la composición del sistema, los procesos que ocurren en el mismo y las propiedades del medio tales que soporta estos procesos (13).

Existen diferentes modelos empleados para evaluar las concentraciones de los plaguicidas en diferentes compartimentos ambientales. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos utiliza el modelo PRZM (Pesticides Zone Root Model) en el proceso de Evaluación de Riesgo para registro de plaguicidas. Las autoridades responsables del registro de plaguicidas en Alemania utilizan el modelo PELMO, el cual es una versión mejorada del PRZM con respecto a los requerimientos propios del país. PELMO es un modelo dinámico y de compartimentos utilizado para estimar concentraciones de plaguicidas en el suelo (19).

2.14 Categorías de riesgo

La determinación de los efectos ecológicos puede realizarse mediante el método del Coeficiente de Riesgo, el cual se calcula basado en una estimación de la exposición y una estimación de la toxicidad (13):

$$CR = \frac{\text{ExposiciónK (CAE)}}{\text{Toxicidad}}$$

Cuando el coeficiente de riesgo excede el Nivel de Preocupación¹¹ se dice que el resultado representa un riesgo. Los valores del nivel de preocupación dependen de la categoría de organismos no blancos y también de las siguientes categorías de riesgo:

- Riesgo Agudo Alto: Potencial de que el riesgo agudo sea alto y se deben garantizar acciones regulatorias en adición a la clasificación de uso restringido.
- Riesgo Agudo/uso restringido: El potencial de que se presente un riesgo agudo es alto pero puede ser mitigado a través de la clasificación de uso restringido.
- Riesgo Agudo/especies en peligro: El potencial de riesgo agudo para especies en peligro es alto y se deben garantizar acciones regulatorias.
- Riesgo crónico: El potencial de que ocurra un riesgo crónico es alto y se deben garantizar acciones regulatorias.

¹¹ Concentración umbral de cualquier contaminante, usualmente la concentración por encima de la cual se espera que exista un peligro para receptores humanos o ecológicos.

Se define Riesgo Agudo como:

- 1) Aquel que resulta en efectos perjudiciales inmediatos.
- 2) El potencial de un contaminante para causar efectos agudos sobre la salud (ej. muerte, enfermedad) como resultado de un solo período de exposición.

Riesgo Crónico: Se define como aquel que causa efectos perjudiciales después de una exposición prolongada.

Las medidas de toxicidad usadas en el denominador del coeficiente de riesgo se derivan de los estudios ecológicos, ejemplo de medidas de toxicidad usadas para evaluar el riesgo agudo en estudios de laboratorio relativamente cortos son (13):

- CL_{50} (para peces y pájaros).
- DL_{50} (para pájaros y mamíferos).
- CA_{50} (para plantas e invertebrados acuáticos).
- CA_{25} (para plantas terrestres).

El LOEC (para pájaros, peces e invertebrados acuáticos) y el NOEC (para pájaros, peces e invertebrados acuáticos), son medidas de toxicidad desarrolladas a partir de estudios de laboratorio a largo plazo usadas para evaluar el riesgo crónico.

Las fórmulas para determinar los coeficientes de riesgo junto a sus correspondientes niveles de preocupación y presunción del riesgo utilizado por la EPA se muestran en la siguiente tabla (11):

Tabla 21: Presunción del Riesgo para animales terrestre.

Presunción del riesgo	Coficiente de riesgo (CR)	Nivel de preocupación (NP)
Aves		
Riesgo Agudo Alto	CAE/CL_{50}	0,5
Agudo/Usó Restringido	CAE/CL_{50}	0,2

Presunción del riesgo	Coefficiente de riesgo (CR)	Nivel de preocupación (NP)
Agudo/Especies en peligro	CAE/CL ₅₀	0,1
Riesgo Crónico	CAE/NOEC	1,0
Mamíferos		
Riesgo Agudo Alto	CAE/CL ₅₀	0,5
Agudo/Usos Restringidos	CAE/CL ₅₀	0,2
Agudo/Especies en peligro	CAE/CL ₅₀	0,1
Riesgo Crónico	CAE/NOEC	1,0

Para plaguicidas granulares, se utiliza la fórmula:

$$CR = \frac{I.A.E}{DL50 \times \text{Peso del pájaro}}$$

2.15 Reducción de riesgos por el empleo de plaguicidas

Entre los principales componentes de los programas de reducción de riesgo de los plaguicidas en los países industrializados se encuentran (13):

Establecimiento de metas:

- Adopción de metas claras de reducción del empleo de plaguicidas en tiempos definidos.
- Determinación de parámetros de reducción.

Creación de marcos institucionales, legales y políticos para la reducción, que involucren:

- Dependencias gubernamentales con competencia en la materia.
- Autoridades del agua.
- Instituciones científicas y de investigación.
- Organizaciones de productores agrícolas.
- Organizaciones de trabajadores del campo.

- Asociaciones de industrias de plaguicidas.
- Asociaciones médicas.
- Grupos no gubernamentales.

Instrumentos de política:

- Regulatorios.
- Investigación y desarrollo.
- Financieros.
- Servicios de extensión (agrícola).
- Educación y capacitación.
- Monitoreo.

En los países en desarrollo que sólo cuentan con instituciones y esquemas de gestión de plaguicidas incipientes, se han identificado como pasos esenciales en la reducción de riesgos (13):

- La identificación de plaguicidas excesivamente peligrosos y prohibidos en otros países, que aún se encuentran en uso, para proceder a establecer mecanismos para su eliminación tras un análisis riesgo-beneficio.
- Establecer o fortalecer esquemas de registro y en su caso, el registro de plaguicidas existentes en el comercio; ofreciendo capacitación en evaluación de riesgos a los encargados del registro.
- Ofrecer entrenamiento "sobre medida" a los usuarios finales de los plaguicidas, en particular, a campesinos que los almacenan en sus hogares.
- Difundir experiencias exitosas de reducción del uso de plaguicidas y empleo de otras alternativas (agentes de control biológico).
- Difundir aplicaciones exitosas en países en desarrollo del control integrado de plagas.
- Mantener un mecanismo permanente de intercambio de información sobre opciones de reducción de riesgos.

2.16 La gestión sustentable de los plaguicidas

Para obtener los beneficios de la aplicación de los plaguicidas, sin que se produzcan efectos adversos en la salud humana y el ambiente, es preciso contar con un esquema integral de gestión en el que intervengan diversos actores (las autoridades gubernamentales, la industria, los formuladores, los obreros, los comerciantes, los asesores, los aplicadores, los consumidores, el sector académico y la sociedad en general). En dicho esquema deben distinguirse las acciones a realizar previas al registro de los plaguicidas y las necesarias en las fases ulteriores de su ciclo de vida integral. También se identifican diversos instrumentos que pueden permitir el logro de los objetivos, mediante la difusión de información (etiquetado, hojas de seguridad), educación y capacitación, monitoreo ambiental y biológico, establecimiento de regulaciones, empleo de instrumentos económicos, entre otros (13).

2.16.1 Factores críticos para el registro y gestión post-registro de los plaguicidas

1. Ajustarse a los lineamientos para la realización de pruebas para evaluar la peligrosidad de los plaguicidas y aplicar los principios de buenas prácticas de laboratorio al ejecutarlas. Establecer criterios para el análisis ponderado de los datos provenientes de las pruebas y la evaluación de los riesgos de los plaguicidas.
2. Difundir información sobre la peligrosidad de los plaguicidas y formas de minimizar sus riesgos (etiquetado y hojas de seguridad, entre otras).
3. Establecer un programa de capacitación continua de funcionarios de gobierno, inspectores, médicos, extensionistas, laboratoristas y otras personas involucradas en la gestión de los plaguicidas.
4. Crear o fortalecer el Registro de Intoxicaciones por plaguicidas.
5. Establecer mecanismos de supervisión de poblaciones humanas y ecosistemas expuestos a los plaguicidas registrados.
6. Determinar residuos en productos agrícolas y destruir los que presenten una concentración excesiva de plaguicidas.
7. Publicar las tendencias de los indicadores del logro de los objetivos de la gestión sustentable.

8. Reevaluar las condiciones bajo las cuales se concedió el registro y en su caso, proceder al registro de plaguicidas existentes en el comercio (13).

2.17 Comunicación y seguimiento del riesgo

La comunicación del riesgo consiste en la interpretación y difusión de la evaluación y de las decisiones tomadas en relación con el riesgo de forma que sean comprensibles por el público en general o sin conocimientos especiales. No se trata sólo de información, sino de comunicación en los dos sentidos (13).

Una vez que se han tomado las decisiones, es preciso que las autoridades reguladoras se aseguren de su cumplimiento, efectuando el monitoreo o seguimiento del mismo. Por lo general, se aplican programas de inspección en los puestos de trabajo, control de venta de sustancias, inspección de los residuos emitidos al ambiente, agua potable, alimentos humanos o de animales (13).

CAPITULO 3: DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis Nula

Los plaguicidas organofosforados terbufos y metamidofos, representan un riesgo ecológico en la cuenca del Río Zanjón Negro, dado la existencia de una fuente de emisión, un mecanismo de transporte del contaminante entre medios y un vía de exposición completa entre la fuente de emisión y los receptores ecológicos potenciales.

La hipótesis nula se ilustra en los siguientes modelos conceptuales para ambos plaguicidas en estudio:

TERBUFOS

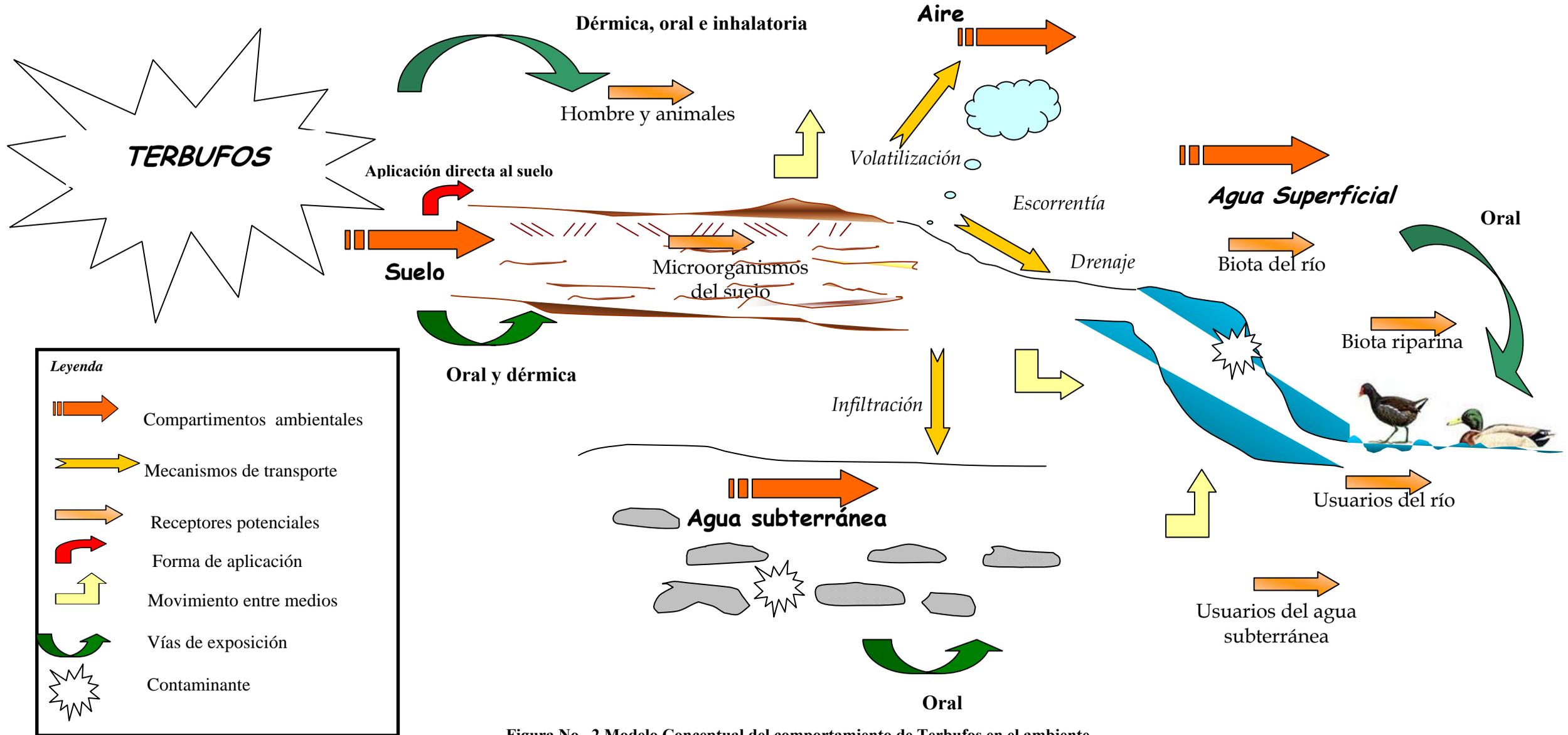


Figura No. 2 Modelo Conceptual del comportamiento de Terbufos en el ambiente

METAMIDOFOS

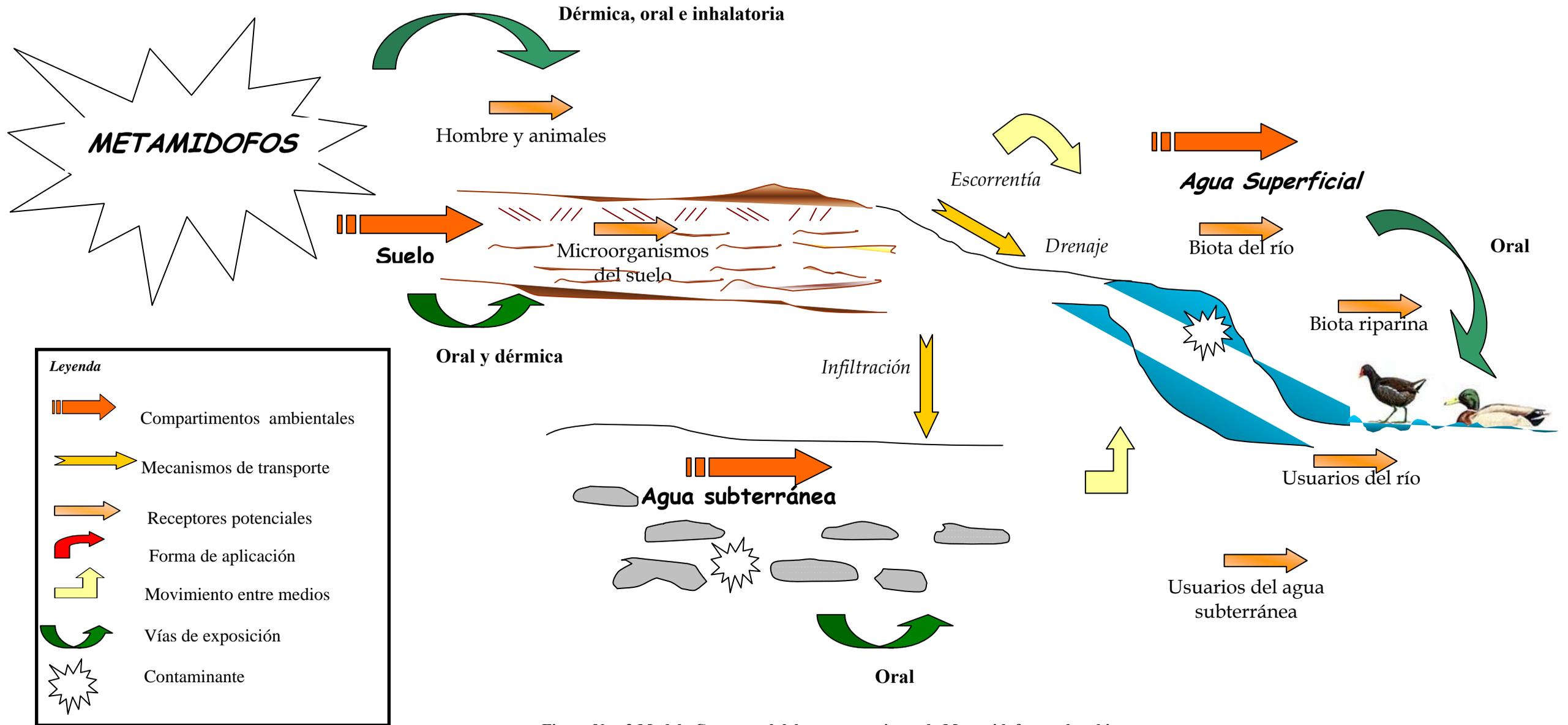


Figura No. 3 Modelo Conceptual del comportamiento de Metamidofos en el ambiente

3.1.2 *Hipótesis Alterna*

Los plaguicidas organofosforados terbufos y metamidofos, no representan un riesgo ecológico en la cuenca del Río Zanjón Negro, dado que no existe una vía de exposición completa entre el contaminante y los receptores ecológicos potenciales.

3.2 **Tipo de estudio**

El estudio “Evaluación de Riesgo Ecológico por el Uso de Terbufos y Metamidofos en la Cuenca del Río Zanjón Negro, del Valle de Sébaco” es **análítico de corte longitudinal prospectivo**, se realizó en la cuenca del Río Zanjón Negro ubicado en el Valle de Sébaco en el departamento de Matagalpa.

3.3 **Área de estudio**

La cuenca del río Zanjón Negro se localiza en el Valle de Sébaco departamento de Matagalpa, conocido también como Llanura de Darío, a 100 km. de la ciudad capital Managua. Está ubicada entre las coordenadas: 12° 59' 13" de latitud norte; 12° 50' 53" de latitud sur y 86° 09' 43" de longitud oeste; 86° 02' 14" longitud este (16).

Tiene una extensión de 14,246 Mz ó 102,1 km², con un perímetro de 47,12 Km. y sus límites están definidos por la cuenca del Río Grande de Matagalpa hacia el este y hacia el sur; la cuenca del Río Viejo hacia el oeste y hacia el norte las elevaciones del Cerro Grande y Cerro el Naranja (ver Figura No. 4). Tiene forma de una depresión más o menos rectangular rodeada de cerros y lomas de origen volcánico (16).

Dentro de la cuenca se localizan áreas de monocultivo intensivo de arroz y pequeñas parcelas de hortalizas principalmente: chiltoma, cebolla, tomate y remolacha. Al norte de la ciudad de Sébaco, comarca Chagüitillo, en el sitio conocido como el Cacao, se implementó el Programa de Asistencia a la Reconstrucción de la Agricultura (ARAP) con el proyecto “Exportación y comercialización de cebolla agropecuaria El Cacao, financiado por USAID,

ejecutado por la firma Chemonics. El proyecto consistió en la producción de 50 manzanas de cebollas, para favorecer a un total de 52 beneficiarios.

En la parte suroeste de la cuenca, entre Sébaco y el lugar conocido como Río Nuevo, se encuentran pequeñas parcelas de hortalizas, con áreas entre 2 y 5 manzanas, arrozales y pequeñas áreas destinadas al cultivo de pastos para la producción pecuaria.

Del área total de la cuenca (102,1 km²) estimada en 14,246 mz, un 30,5% es destinado para el cultivo de arroz y hortalizas. Las áreas destinadas para el cultivo de arroz corresponden a 3,472.8 mz, lo que equivale a un 80 % del área total cultivada y las áreas destinadas al cultivo de hortalizas corresponden a 868 mz, representando el 20 %.

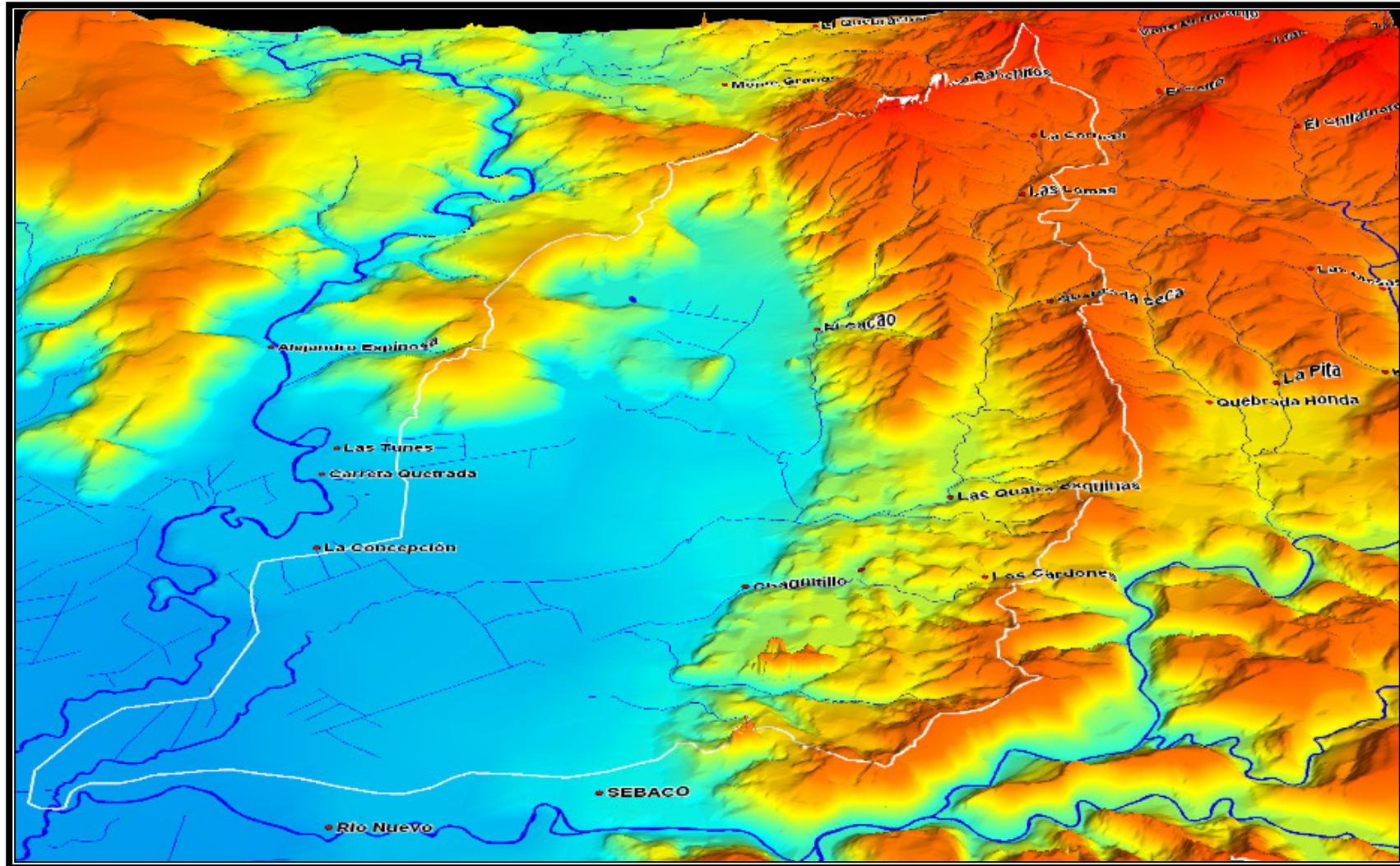


Figura No. 4 Micro-cuenca del Río Zanjón Negro – Valle de Sébaco, Matagalpa

3.4 Metodología

Para la realización de este estudio se desarrollaron las cinco etapas básicas de la ERE definidas en el capítulo II, acápite 2.13. Así mismo, se emplearon los criterios de toxicidad utilizados por la EPA.

El presente estudio fue conducido a un nivel cualitativo (Nivel I) ó nivel introductorio de la ERE. Las etapas básicas que se incluyeron son:

- Identificación del problema
- Caracterización del receptor¹²
- Evaluación de la exposición
- Evaluación de la toxicidad
- Caracterización del riesgo

3.4.1 Identificación del problema

En esta etapa se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva:

- Estudios realizados en el Valle de Sébaco.
- Guías para la realización de evaluaciones de riesgo ecológico.
- Evaluaciones de riesgo ecológico realizadas en otros países.
- Legislación sobre plaguicidas vigente en el país.

Se realizaron visitas con el objetivo de recopilar información a las siguientes instituciones gubernamentales y ONGs:

- Ministerio de Salud (MINSA).
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR).
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

¹² Individuos, especies, poblaciones, comunidades, hábitat y ecosistemas

- Programa de Apoyo al Sector Medio Ambiente (PASMA-DANIDA).
- Proyecto PLAGSALUD.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).
- Dirección de Acueductos Rurales (DAR – Matagalpa).
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
- Banco Central.

Se investigó si en el país se han realizado evaluaciones de riesgo ecológico, cuales son las Instituciones de Gobierno encargadas de realizar los estudios y cuales son las normas y métodos empleados para la realización de los mismos.

Se delimitó el área de estudio (cuenca Río Zanjón Negro) mediante el uso del mapa topográfico No. 2954-I, SEBACO, a escala 1:50,000 e imágenes satelitales.

Se realizaron visitas de reconocimiento en la cuenca en estudio, para identificar los diferentes usos de la tierra tales como cultivo de arroz, hortalizas, pastizales, ríos, vías de acceso y poblaciones (ver anexo 1, fotografía No.1).

Se realizaron entrevistas a los dueños de 6 expendios de agroquímicos (ver fotos en anexo 1) en el municipio de Sébaco, así como encuestas con preguntas abiertas y cerradas dirigidas a los productores y a la población (ver anexo No. 3). Las encuestas dirigidas a los productores permitieron identificar las principales plagas que afectan el arroz y las hortalizas, ciclos de cultivo al año, plaguicidas utilizados en la zona, patrones de uso de los plaguicidas terbufos y metamidofos, fuentes de agua para riego.

Se realizó una caracterización físico-química tanto de los suelos como de los recursos hídricos de la zona (ver fotos, anexo 1). Para esto, se realizó un recorrido por toda el área comprendida dentro de la cuenca del Río Zanjón Negro y con ayuda de mapas topográficos e imágenes de satélite se ubicaron los puntos para la toma de muestras (ver mapa de ubicación de puntos de muestreo en Figura No.5). El plan de muestreo implicó la división

del área de estudio en sub-unidades dentro de las cuales se tomaron muestras al azar. Este es un esquema de muestreo al azar estratificado y es semejante al muestreo por paisaje o topografía del terreno. Este esquema incrementa la precisión, sin aumentar sustancialmente los costos.

La descripción taxonómica de los suelos se hizo realizando ocho perfiles de suelo de manera aleatoria abarcando las áreas de cultivo de arroz y hortalizas. Para ello, se contrataron los servicios del Ing. Ignacio Rodríguez, especialista en taxonomía de suelos de la Universidad Nacional Agraria.

Las tesis con el apoyo del especialista en taxonomía de suelos, tomaron 120 muestras de suelo al azar. Las muestras fueron tomadas a dos profundidades (0 cm y 50,0 cm). En los puntos en donde se realizaron los perfiles de suelo se tomó una muestra adicional a una profundidad de 100 cm.

Las muestras de suelo sin preservar fueron inmediatamente conducidas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria (UNA) donde se analizaron los parámetros:

- pH
- Conductividad eléctrica
- Capacidad de intercambio catiónico
- Materia orgánica
- Carbono orgánico
- Textura
- Punto de marchitez de la planta
- Capacidad de campo
- Contenido inicial de agua en el suelo
- Porcentaje de saturación
- Densidad

Los análisis mencionados se realizaron empleando los métodos normados del laboratorio de la UNA.

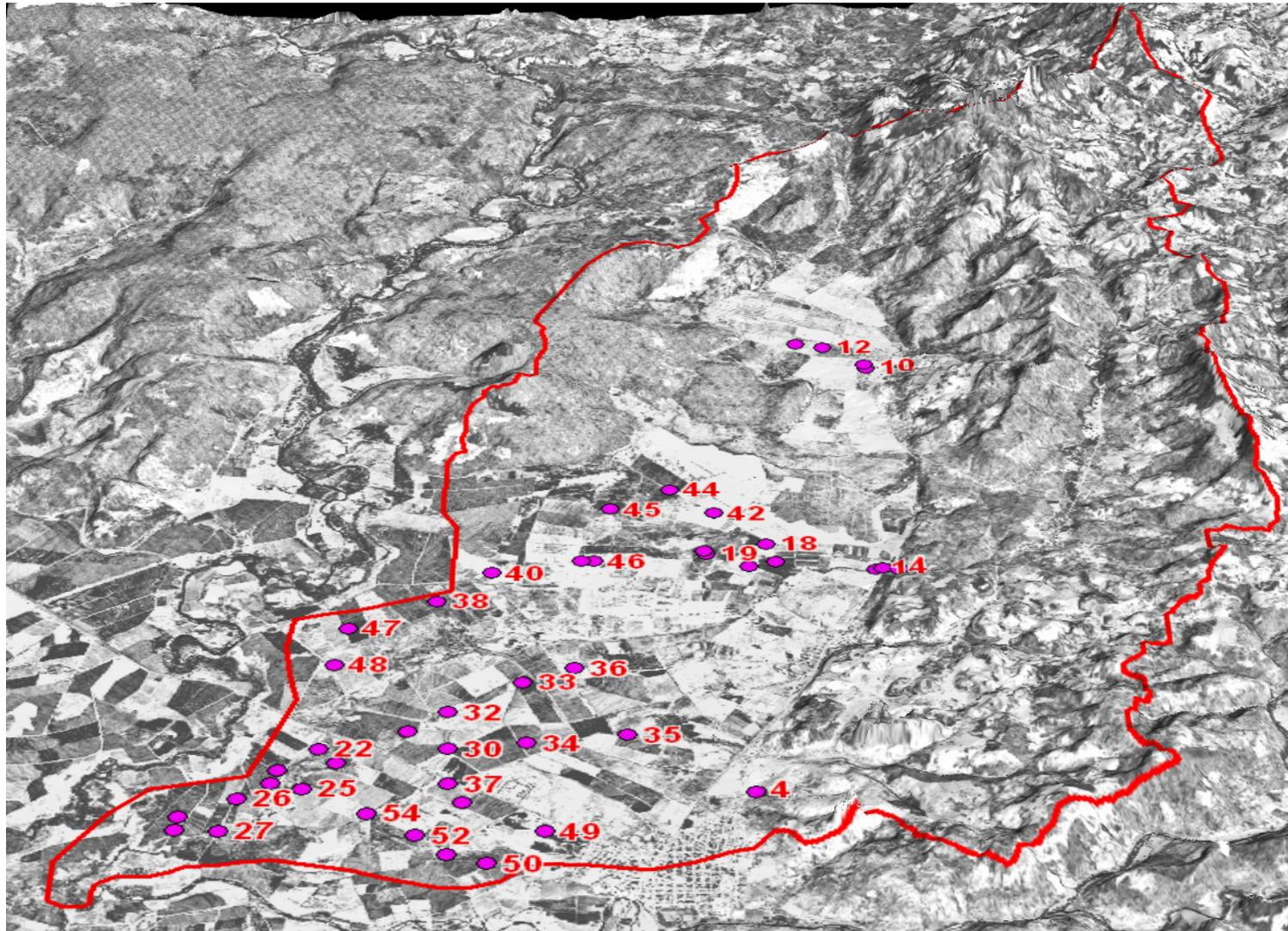


Figura No. 5 Ubicación de puntos de muestreo

Para la caracterización del agua superficial, se seleccionaron dos puntos de muestreo en el río Zanjón Negro y tres puntos en el río Grande de Matagalpa, debido a que el Zanjón Negro intercepta al río Grande de Matagalpa. Las tesisistas midieron los parámetros de temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto. Para la medición de los parámetros se utilizó el equipo multifunciones YSI modelo 85 previamente calibrado.

Para la caracterización de sedimentos se tomaron tres muestras en la parte central y lateral del río Zanjón Negro, con una draga Eckman para determinar los parámetros de materia seca, humedad, densidad, carbono orgánico y materia orgánica, necesarios para alimentar el modelo PELMO.

Los parámetros de suelo, agua superficial y sedimento, fueron determinados para posteriormente alimentar el modelo PELMO y calcular las concentraciones de metamidofos y terbufos presentes en los medios analizados.

3.4.2 Caracterización del receptor

En esta etapa las tesisistas realizaron la identificación de los receptores que pudiesen ser afectados adversamente por el Terbufos y el Metamidofos en el área de estudio. La caracterización incluyó macrofauna del suelo, fitoplancton y zooplancton en el agua, peces, aves y receptores humanos.

Macrofauna

Para la identificación de la macrofauna se tomaron dos muestras de suelo por cultivo, el tamaño de la muestra fue de 50 cm x 50 cm x 30 cm, las muestras fueron pasadas por un tamiz de 25 micras, los organismos que quedaron en el tamiz fueron contados y preservados en alcohol al 30% para ser identificados con ayuda de un microscopio en el laboratorio de suelos de la Universidad Centroamericana (UCA).

Fitoplancton

Para la identificación de fitoplancton, se seleccionaron dos puntos próximos a las zonas de cultivo de hortalizas ubicados en el río Grande de Matagalpa en donde se tomaron dos muestras de agua y se fijaron con lugol para su posterior análisis de laboratorio (UCA), siguiendo la metodología establecida en el Standard Methods.

Zooplancton

Para la identificación de zooplancton, se filtraron 5 galones de agua por punto (mismos puntos para análisis de fitoplancton) con ayuda de un filtro de 10 micrones, el sobrante del filtro fue enjuagado y preservado con alcohol al 30% para su posterior análisis de laboratorio (UCA) siguiendo la metodología establecida en el Standard Methods.

Peces

Para la identificación de peces, se escogieron dos puntos en el río Grande de Matagalpa, uno aguas arriba de la zona de cultivo de hortalizas y otro aguas abajo de la zona de cultivo de hortalizas (ver fotos en anexo 1). Por cada punto se hicieron cinco lances con ayuda de una red de pesca, los peces capturados fueron pesados, medidos y se anotaron las características sobresalientes.

Los peces capturados fueron preservados en formalina al 1%. Para la identificación de peces se utilizaron claves de identificación, lo cual fue realizado por un especialista en taxonomía.

Aves

La caracterización de aves, fue realizada por las tesoreras con el apoyo de la Lic. Mariadelmar Gutierrez, ornitóloga especialista de Fundación Cocibolca. La metodología empleada fue la de Transectos en Línea sin Estimado de Distancia, la cual permite que el

observador genere una lista de las especies presentes en un hábitat al recorrer lentamente una distancia determinada o por un período de tiempo determinado anotando todas las especies observadas o escuchadas.

Las especies registradas se clasificaron de acuerdo a los criterios de Neotropical Birds (9) y de acuerdo a gremios alimenticios (25).

Se realizaron cuatro transeptos en tres tipos de hábitat:

- Uno en los cultivos de hortalizas a las orillas del Río Grande de Matagalpa
- Dos transeptos en los arrozales y,
- Uno en un parche de bosque en la comunidad El Cacao.

Las horas de observación comprendieron de las 04:30 am a 10:30 a.m. y de las 15:15 pm a las 18:00 p.m.

3.4.3 Evaluación de la exposición

En esta etapa las tesis determinaron la concentración de las sustancias químicas estudiadas en el compartimento ambiental blanco (suelo) mediante el uso del modelo PELMO, validado y calibrado por la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos y ampliamente utilizado para fines de registro de nuevas sustancias químicas a ingresar en el mercado, además, el modelo ha sido retomado y adaptado para evaluaciones de nuevas sustancias químicas en Alemania.

El modelo se corrió para dos diferentes compartimentos:

- 1: Suelos vertisoles, cultivo de arroz
- 2: Suelos Molisoles, cultivos de cebolla y tomate

Período de simulación

El período de simulación para determinar el destino final y las concentraciones ambientales previstas de Metamidofos en el suelo fue de 12 años, para lo cual se tomaron los datos meteorológicos completos y disponibles en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (ver anexo 8). Todas las simulaciones se llevaron a cabo desde el 1 de enero al 31 de diciembre, del período seleccionado que comprende los años entre 1991 y 2002.

Escenarios

Se crearon 3 escenarios requeridos para correr el modelo PELMO:

1. Escenario de plaguicidas
2. Escenario de cultivos
3. Escenario meteorológicos

1. El escenario de plaguicidas se generó a partir de la información recopilada mediante revisión bibliográfica donde se investigaron las características fisico-químicas tanto de los plaguicidas en estudio como de sus metabolitos: datos de volatilización y sorpción. Los datos de sorpción utilizados para la simulación, fueron tomados de estudios reportados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA). La frecuencia y dosis de aplicación de los plaguicidas estudiados se determinó a partir de la información de las encuestas e información proporcionada por los productores de arroz y hortalizas durante la fase de campo donde se determinaron los patrones de uso en el sitio: número de aplicaciones, fechas de aplicación, tasas de aplicación y profundidad de la aplicación del plaguicida en el suelo. Las simulaciones se realizaron considerando las dosis y frecuencias de aplicación descritas en la tabla 34. En cultivos de hortalizas se utilizó una frecuencia de 10 aplicaciones por año, de acuerdo a encuestas entre los productores de la zona. En el caso de arroz, se consideraron 4 aplicaciones por año. Los datos de los escenarios utilizados para la presente modelación se encuentran en el anexo 8.

2. El escenario de cultivos se creó a partir de la información de campo generada durante la caracterización de los medios receptores (análisis y caracterización de los suelos, análisis de agua y análisis de sedimentos), se realizó una revisión bibliográfica para determinar los parámetros de los cultivos tales como: emergencia de la plántula, madurez de la planta, tiempo de cosecha, profundidad máxima de la raíz, intercepción del follaje de la planta, máxima cobertura de área, masa seca de la planta y condiciones después de la cosecha. Mediante el uso de la ecuación universal de pérdida del suelo (EUPS) se calcularon los parámetros de: erodabilidad del suelo, pendiente y manejo.

Las prácticas agrícolas en la cuenca del Río Zanjón Negro, fueron simuladas en un período de 12 años de manera que permitieran estimar la Concentración Ambiental Prevista del plaguicida. El sitio modelado tiene un área de 102,1 km² y su cuenca de drenaje es el río Zanjón Negro con una longitud de 5,12 km y una profundidad de poco menos de 50 centímetros, lo que representa un volumen de agua de 2,560 m³.

3. El escenario meteorológico se creó a partir de la información obtenida en el INETER. Para la simulación se utilizaron únicamente los datos de precipitación proporcionados por el INETER. No se consideraron los aportes de agua al suelo provenientes de los sistemas de irrigación de los cultivos. Mayor información sobre los escenarios del modelo PELMO, se presenta en el anexo 8.

En el caso de plaguicidas granulares como el terbufos, se considera que el mayor riesgo lo representan los granos expuestos en la superficie del suelo del área tratada, por lo que la determinación de la exposición a terbufos, se realizó utilizando las fórmulas empíricas utilizadas por la EPA, descritas a continuación:

Parámetro	Ecuación
Producto por pie cuadrado	$P(mg / pie^2) = (P * 24801.5) / (1000 * AB)$
	<p>Donde: P = Producto aplicado en onzas por cada 1000 pies de fila 24801.5 = Factor de conversión onzas a miligramos 1000 = mil pies de fila o distancia efectiva de siembra en una manzana AB = Ancho de banda</p>
Ingrediente Activo	$IA(mg / pie^2) = P(mg / pie^2) * \% IA$
	<p>Donde: P = Producto en mg/pie² IA = Ingrediente Activo %IA = Porcentaje de ingrediente activo del compuesto aplicado</p>
Exposición al Ingrediente Activo	$IAE(mg / pie^2) = IA * \% NI$
	<p>Donde: IAE = Ingrediente Activo Expuesto %NI = Porcentaje de IA no incorporado</p>
Numero de granos expuestos	$NG(1 / pie^2) = IAE * PG$
	<p>Donde: NG = Número de Granos PG = Peso del Grano</p>
Coefficiente de Riesgo	$CR = \frac{IAE}{DL50 \times \text{Peso del pájaro}}$
	<p>Donde: IAE = Ingrediente Activo Expuesto DL50 = Dosis Letal Media</p>

Las fórmulas son utilizadas para calcular ingrediente activo expuesto que puede ser encontrado solamente entre los surcos y las bandas del suelo. La aplicación del modelo y/o fórmulas descritas está basada en la consideración de que las filas tratadas tienen mayor importancia ya que estas son las áreas que sufren mayor alteración y en las que se da la mayor actividad de las aves forrajeras.

3.4.4 Evaluación de la toxicidad

Para evaluar la toxicidad de terbufos y metamidofos, se realizó una revisión bibliográfica detallada sobre estudios realizados y validados por la EPA relacionados con los datos de toxicidad aguda y crónica para aves, mamíferos y organismos acuáticos.

3.4.5 Caracterización del riesgo

Se combinaron los resultados de la caracterización del receptor, evaluación de la toxicidad y evaluación de la exposición para determinar la probabilidad que exista un riesgo y la magnitud del mismo. La caracterización del riesgo para metamidofos, se estableció comparando los datos de exposición determinados mediante el uso del modelo PELMO, con las concentraciones límites permisibles del compuesto en suelos de uso residencial, comercial e industrial, con criterios de protección de agua subterránea y agua superficial, establecidos en la tabla de niveles de limpieza (EPA¹³) definidos en el Capítulo II, acápite 2.13.2.

Se calculó la CAE en cultivos de tomates, cebollas y arroz. Del conjunto de datos de concentraciones del plaguicida en el perfil del suelo, se determinó el 80 percentil, es decir la concentración por encima de la cual se encuentran el 20 % de los datos, para calcular el CR, considerando éste como un valor representativo del conjunto de datos.

¹³ Se listan los valores umbrales en suelo para alrededor de 600 compuestos individuales en base a: (1) Contacto directo con el suelo (ingestión, contacto dérmico, e inhalación) y (2) el potencial de migración de la contaminación hacia el agua subterránea.

Para Terbufos, la caracterización del riesgo se realizó mediante el método de Coeficientes de Riesgo, el cual define la relación entre la exposición (CAE) y la toxicidad.

3.5 Universo

El Universo del estudio está constituido por el ecosistema de la Cuenca del Río Zanjón Negro.

3.6 Muestra

Se seleccionaron dos puntos de la cuenca tratando de tomar los más críticos en cuanto a uso intensivo de plaguicidas:

1. Áreas de cultivo intensivo de arroz que se localizan a ambos lados de la carretera Sébaco–San Isidro.
2. Áreas de cultivos de hortalizas (40 manzanas de extensión) ubicadas muy próxima a la rivera del río Grande de Matagalpa.

Criterios de Inclusión

Zonas de cultivo de arroz u hortalizas ubicadas en las riveras del Río Zanjón Negro y Grande de Matagalpa, con uso intensivo de terbufos y metamidofos.

Criterios de Exclusión

Zonas con baja producción de arroz u hortalizas que no se encuentran ubicadas en las riveras del Río Zanjón Negro y Grande de Matagalpa, con poco o ningún uso de terbufos y metamidofos.

3.7 Variables e indicadores

3.7.1 Variables

Clima:

- Temperatura.
- Precipitación.

Plaguicida:

- Presión de vapor.
- Coeficiente de partición octanol-agua.
- Solubilidad en agua.
- Constante de disociación en agua.
- Tasas de movimiento de la sustancia.

Suelo: pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, textura.

Agua: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica.

3.7.2 Indicadores

- **Socioeconómicos:** Grupos poblacionales por sexo y edad, uso de la tierra, áreas cultivadas, rendimiento promedio de las cosechas, cobertura de servicios básicos, patrones de uso de los plaguicidas.
- **Indicadores ambientales:** Concentraciones ambientales previstas en agua, suelo y sedimentos.

3.8 Materiales

- GPS.
- Bolsas plásticas (1 Lb) para recolección de muestras de suelo.

- Pala.
- Pica.
- Barrenos.
- Tamiz.
- Alcohol.
- Formalina.
- Lugol.
- Envases plásticos para recolección de muestras de agua.
- Envases para recolección de muestras de organismos del suelo.
- Pinzas.
- Equipo de medición de parámetros de calidad de agua.
- Cinta métrica (50 metros).
- Mapas topográficos escala 1:50,000
- Binoculares.
- Cartillas y guías para identificación y clasificación de las aves.
- Imágenes satelitales.

3.9 Procesamiento de la información

La información obtenida durante la fase de campo fue procesada obteniendo los datos necesarios para alimentar el modelo PELMO y para aplicar las fórmulas para plaguicidas granulares.

CAPITULO 4: RESULTADOS, ANALISIS E INTERPRETACION

4.1 Resultados

4.1.1 Suelos

Dentro del área de estudio se identificaron dos tipos de suelos, definidos como Vertisoles y Molisoles.

Los suelos molisoles fueron identificados principalmente en las zonas destinadas al cultivo de hortalizas de riego ubicados en su mayoría a lo largo del tramo del Río Grande de Matagalpa que atraviesa la cuenca, estos se caracterizan por presentar un buen drenaje y un contenido de arena, arcilla y limo. Los suelos vertisoles están en su mayoría destinados al cultivo de arroz y se ubican principalmente a lo largo de la carretera panamericana, estos se caracterizan por presentar un mal drenaje y un contenido de arena, arcilla y limo, predominando la arcilla.

En la tabla no. 22, se muestran los resultados de la caracterización de los suelos identificados en la cuenca del Río Zanjón Negro, mismos que posteriormente son utilizados para determinar la exposición mediante el uso del modelo PELMO.

Tabla 22: Resultados de la caracterización de perfiles de suelo

Perfil	Tipo de suelo	pH	MO ¹⁴ (%)	CIC ¹⁵ (meq/100 gs.)	CE ¹⁶ (mS/cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	PMP ¹⁷ (%)	CC ¹⁸ (%)	Saturación (%)	Agua Disponibile (pulg/pie)	C.H.S ¹⁹ (pulg/h)	D ²⁰ (lb/pc)
Profundidad de la muestra: 0 – 10 cm														
1	Franco arcillo arenoso	7,7	1,05	28,22	0,1	55	25	20	15,2	26,6	47,6	0,11	0,53	1,34
2	Franco arcillo arenoso	7,2	0,79	24,3	0,1	52,5	25	22,5	15	26,2	47,2	0,11	0,46	1,35
3	Franco	8,1	1,84	38,96	0,1	37,5	22,5	40	14,5	31,6	50,3	0,17	1,63	1,27
4	Franco arenoso	7,7	0,84	24,56	0,1	62,5	20	17,5	13,1	23,2	45,3	0,1	0,72	1,4
5	Franco	7,1	1,47	28,38	0,1	42,5	27,5	30	16,6	31,4	50,3	0,15	0,75	1,27
6	Arcilloso	8,3	1,18	64,06	0,3	22,5	62,5	15	34,6	48,9	55	0,14	0,25	1,15
7	Franco	7,5	4,22	44,24	0,1	37,5	27,5	35	18	41,8	56,1	0,24	5,15	1,12
8	Arcilloso	7,4	2,08	41,92	0,2	22,5	40	37,5	22,9	42,5	54,6	0,2	0,81	1,16
Profundidad de la muestra: 10 – 50 cm														
1	Franco	7,9	1,42	29	0,1	35	27,5	37,5	16,3	32,4	50,6	0,16	0,77	1,27
2	Franco arcilloso	7,4	1,68	25,6	0,1	25	32,5	42,5	18,8	37,4	52,7	0,19	0,83	1,21
3	Franco arcilloso	7,6	1	37,42	0,1	30	32,5	37,5	18,5	33,9	50,9	0,15	0,4	1,26

¹⁴ MO : Materia Orgánica¹⁵ CIC : Capacidad de Intercambio Catiónico¹⁶ CE: Conductividad Eléctrica¹⁷ PMP: Punto de marchites de la planta¹⁸ CC: Capacidad de Campo¹⁹ CHS: Conductividad Hidráulica Saturada²⁰ D: Densidad del testigo

Perfil	Tipo de suelo	pH	MO ¹⁴ (%)	CIC ¹⁵ (meq/100 gs.)	CE ¹⁶ (mS/cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	PMP ¹⁷ (%)	CC ¹⁸ (%)	Saturación (%)	Agua Disponible (pulg/pie)	C.H.S ¹⁹ (pulg/h)	D ²⁰ (lb/pc)
4	Franco	7,7	1.31	28,62	0,1	27,5	22,5	50	13,9	31,5	49,8	0,18	1,24	1,29
5	Franco	7	2	29,4	0,2	42,5	15	42,5	11,9	29,5	48,4	0,18	4,22	1,32
6	Arcilloso	8,6	1.98	70,5	0,4	37,5	55	7,5	30,3	45	53	0,15	0,14	1,2
7	Franco arcillo arenoso	7,6	1.34	48,8	0,1	55	30	15	17,6	29,3	49,3	0,12	0,44	1,3
8	Arcilloso	8,5	1.05	41,6	1,6	25	45	30	25,7	40,9	51	0,15	0,1	1,25
Profundidad de la muestra: 50 – 100 cm														
1	Franco	7,9	0.36	32,36	0,1	42,5	25	32,5	14,5	26,4	44,5	0,12	0,13	1,42
2	Franco arcilloso	7,3	1,1	30,56	0,1	30	30	40	17,1	33	48,4	0,16	0,21	1,32
3	Franco arcilloso	7,8	2,37	38,16	0,1	27,5	32,5	40	19,2	39,4	51,9	0,2	0,6	1,23
4	Franco Limoso	8,4	0.47	14,78	0,1	17,5	22,5	60	13,2	30	46,2	0,17	0,22	1,38
5	Franco arenoso	8,1	0.68	14,78	0,0	72,5	7,5	20	7,9	17,7	36,5	0,1	1,87	1,63
6	Arcilloso	8,6	1,51	67,14	0,5	42,5	52,5	5	28,8	41,2	51,4	0,12	0,08	1,24
7	Franco arenoso	7,7	1,1	44,58	0,1	77,5	15	7,5	11,4	20,6	41	0,09	0,9	1,51
8	Arcilloso	8,3	1,1	36,44	0,3	27,5	47,5	25	27,1	41,7	51,1	0,15	0,08	1,25

4.1.2 Uso del suelo

El uso del suelo se ilustra en la tabla No. 23:

Tabla 23: Áreas Cultivadas.

Cultivo	Área cultivada (mz)	Porcentaje
Arroz	3,472.8	80%
Cebolla	438,0	10%
Tomate	430,0	9%

El sistema de cultivo para el arroz es en terrazas, lo que se ilustra en la siguiente fotografía tomada en el sitio:

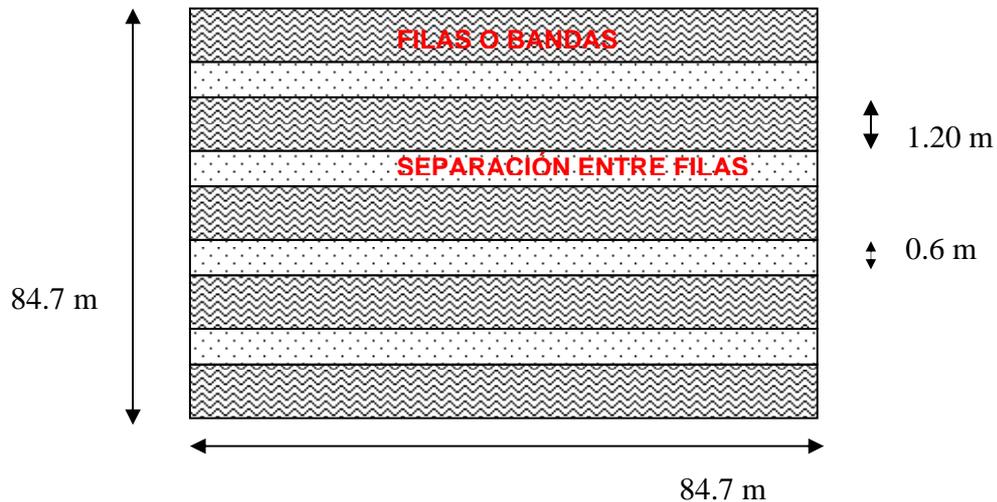


Cultivo de arroz
en terraza

Figura No. 6 Ilustración de cultivo de arroz en terrazas

En hortalizas el sistema de cultivo es en bandas con un ancho de 1,20 metros y una separación entre bandas de 0,60 metros, como se ilustra en la siguiente figura:

Figura No. 7 Esquema de cultivo de hortalizas en banda



La figura No.5, representa una manzana de terreno con sus distancias efectivas de siembra (filas)

4.1.3 Agua Superficial

Dentro de la cuenca, se encuentra el Río Zanjón Negro, nace en las plantaciones de arroz y tiene una longitud de 5,12 Km. El Zanjón Negro es alimentado por un sistema de quebradas que nacen en la parte norte de la cuenca: Arranga Barba/Apamico con una extensión de 10,4 Km y quebrada el Salto con una longitud de 8,67 Km. Este sistema de aguas superficiales desemboca en el Río Grande de Matagalpa.

Se determinaron los parámetros físicos en el río Zanjón Negro y se tomaron muestras de agua y sedimento para análisis físico-químicos, presentándose los resultados a continuación:

Tabla 24: Resultados de análisis en sedimentos, Río Zanjón Negro.²¹

Puntos	Muestra seca (%)	Humedad (%)	Densidad (g/ml)	Carbono orgánico total (%)	Materia orgánica (%)
P1: Centro del Río	9,43	90,57	11,28	3,93	7,43
P1: Lateral derecho	21,85	78,15	3,02	5,68	10,58
P1: Lateral izquierdo	22,26	78,56	4,28	3,09	5,91
P2: Origen	30,86	72,05	2,59	3,93	7,43

Tabla 25: Resultados de análisis Físico-químico en agua, Río Zanjón Negro.²²

Puntos	Sólidos sedimentables (ml/l/h)	Densidad (g/ml)	Carbono orgánico Total (%)	Materia orgánica (%)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)
P1: Centro del Río	0,7	0,094	1,3	2,46	7,04	24,2	434,5
P2: Origen	0,1	0,016	0,7	1,32	7,02	24,0	436,7

²¹ Análisis realizados en el laboratorio de físico-química UNI-CIEMA

²² Análisis realizados en el laboratorio de físico-química UNI-CIEMA

Los resultados de los análisis físico-químicos en agua superficial del Río Grande de Matagalpa, se presentan a continuación:

El Río Grande de Matagalpa constituye el segundo río nicaragüense más grande, con una longitud de 370 km. Nace cerca de la localidad de Sébaco, pasa por Ciudad Darío, Esquipulas y San Dionisio, y desemboca en el Caribe. Al atravesar el Valle de Sébaco, recorre zonas de importancia agrícola donde el agua superficial del Grande de Matagalpa es la principal fuente de riego para cultivos, especialmente los que se ubican en las márgenes del mismo.

Tabla 26: Resultados de Análisis Físicos en agua, Río Grande de Matagalpa.²³

Puntos	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)
A	25,2	7,57	7,7	252,8
B	26,5	7,93	8,0	257,6
C	29,8	7,43	8,6	275,8

4.1.4 Agua Subterránea

El Acuífero aluvial del Valle de Sébaco tiene un espesor promedio de 40 metros, descansa sobre capas de arcilla impermeables que constituyen la unidad inferior y está por debajo de capas de limos y arcillas que constituyen la unidad superior.

Las capas que recubren el acuífero en la zona central del valle son impermeables pero el espesor de estas se reduce en dirección a los bordes del valle donde el acuífero de bolones y arena alcanza la superficie del terreno y se pone en contacto con las formaciones rocosas que constituyen los bordes montañosos.

²³ Análisis realizados en el laboratorio de fisico-química UNI-CIEMA

Las áreas de recarga natural del acuífero se ubican principalmente en los sectores altos de la cuenca del Valle de Sébaco y en las inmediaciones de los bordes del valle. En los sectores centrales, la posibilidad de recarga del acuífero, sea de lluvia o de el escurrimiento de los ríos, está limitada por la existencia de un estrato arcilloso impermeable que recubre el acuífero.

El agua subterránea se encuentra bajo confinamiento y presión a consecuencia de la forma en que se encuentra el acuífero, especialmente en el centro y en la parte alta y baja del mismo. En las inmediaciones de los bordes montañosos el agua subterránea se presenta en condiciones libres o freáticas.

Las características del agua subterránea se definen a continuación:

- El pH oscila entre 7,0–7,9, con tendencia a alcalino.
- La temperatura oscila entre 25 – 29 °C, con un promedio de 26,2 °C.
- La conductividad eléctrica se presenta en un rango 267–612 mS/cm, con un promedio de 354,8 mS/cm.

4.1.5 Receptores humanos

Los receptores humanos potenciales, dentro del área de estudio son:

- Población que vive en las zonas cercanas a las áreas de cultivo (ver tabla 27) y población que consume hortalizas producidas en la zona (ver tabla 28)
- Trabajadores del campo representados por 645 productores individuales, de los cuales el 87,3% son varones y el 12,7% son mujeres (17).
- Usuarios del agua superficial: Habitantes del área de estudio que hacen uso (pesca, consumo) de los ríos Grande de Matagalpa y Viejo y de los canales de drenaje provenientes de las arroceras y las zonas donde se cultivan hortalizas.

- Usuarios del agua subterránea: En el área de estudio se ubican una serie de pozos (ver mapa 6) los cuales son utilizados para irrigar los cultivos y para uso doméstico. En la zona de Chagiüttillo se encuentran los pozos que actualmente abastecen de agua potable a la ciudad de Matagalpa.

Tabla 27: Distribución de la población de la cuenca del Río Zanjón Negro.

Total habitantes	Distribución etárea (años)					Adultos	Menores	Sexo		Permanencia en la zona (años)		
	< 1	1-6	7-15	16-45	> de 45			Hombres	Mujeres	1 - 5	5 - 10	> 10
2172	19	317	410	1122	304	1391	781	917	1255	41	77	316
Porcentaje (%)	0.9	14.6	18.9	51.7	14.0	64.0	36.0	42.2	57.8	9.4	17.7	72.8

Tabla 28: Frecuencia y consumo de hortalizas en la cuenca del Río Zanjón Negro.

Consumo de hortalizas por familia								Frecuencia de consumo por familia		
Chiltoma	Cebolla	Remolacha	Tomates	Lechugas	Repollo	Zanahorias	Arroz	Diario	1/semana	2/semana
425	429	165	419	118	309	271	384	31	155	156
97.9	98.8	38.0	96.5	27.2	71.2	62.4	88.5	7.1	35.7	35.9

4.1.6 Biota del suelo

El área de estudio ha tenido un uso agrícola desde hace poco más de 40 años por lo que la flora está compuesta principalmente por vegetación arbustiva, además de los sitios destinados al cultivo de arroz y hortalizas, grandes extensiones de pastizales y presencia de malezas.

Las especies de fauna y flora registradas se presentan en la tabla 29 y 30:

Tabla 29: Especies de macro fauna registradas en muestras de suelo en cultivos de arroz y hortalizas.

Cultivo	Nombre común	Nombre científico	Familia	No. de individuos
Arroz (punto 1)	Hormiga	-----	Formicidae	3
	Grillo	-----	Grillidae	1
Arroz (punto 2)	Mariquita	-----	Coccinellidae	3
	Hormiga	-----	Formicidae	1
	Caracol	<i>Helisoma caribaeum</i>	-----	Abundantes
	Caracol	<i>Physa nicaraguaza</i>	-----	Abundantes
Cebolla	Mariquita	-----	Coccinellidae	4
	Hormiga	-----	Formicidae	1
Chiltoma	Hormiga	-----	Formicidae	2
	Escarabajo	-----	-----	-----
Tomate	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.

N.R.: No registrados

Tabla 30: Especies de flora registradas en el Valle de Sébaco.²⁴

Familia	Género	Especie	Nombre local	Estado de los individuos adultos
Hernandiaceae	Gyrocarpus	americanus Jacq.	Talate	Árbol
Julianaceae	Amphipterygium	Adstringens	Copal	-
Burseraceae	Bursera	Graveolens	Caraño	Árbol
Cactaceae	-	-	Cardón	-
Onagraceae	Hauya	Elegans	Brasilillo	-
Boraginaceae	Bourreria	Huanita	Guayabo	Arbusto
Burseraceae	Bursera	Simarouba (L.) Sarg.	Jiñocuabo	Árbol
Bromeliaceae	Bromelia	Sp	Piñuela	-
Cactaceae	-	-	Tionoste	-
Sterculiaceae	Ayenia	Micrantha Standley.	Zarcilla	-
Mimosaceae	Calliandra	Rubescens (Mart. & Gal.) Standl.	Barbola	Árbol
Rutaceae	Esenbeckia	berlandieri Baill.	Comacuabo	Arbusto
Bromeliaceae	Tillandsia	Sp	Gallito	-
Nyctaginaceae	Pisonia	Sp	Espino negro	Árbol
Bignoniaceae	-	-	Bejuco negro	Bejuco
	-	-	Líquén	-

²⁴ Herbario Nacional, Universidad Centroamericana.

Familia	Género	Especie	Nombre local	Estado de los individuos adultos
Rutaceae	Zanthoxylum	Sp	Sacamuelas	Arbusto
Achatocarpaceae	Achatocarpus	gracilis Ha. Walter	Mora	-
Poaceae	Lasiacis	Ruscifolia (HBK) Hitch.	Carrizo	Hierba
Flacourtiaceae	-	-	Jicarillo	-
Acanthaceae	-	-	-	-
Acanthaceae	Ruellia	inundata HBK.	Flor de piña	-
Acanthaceae	Aphelandra	scabra (Vahl) Sm.	Bejuco negro	-
Sapindaceae	Serjania	Sp	Guayabo pinoloso	-
Polygonaceae	Ruprechtia	costata Meisn.	Varilla colorada	Árbol
Achatocarpaceae	Achatocarpus	gracilis Ha. Walter	Granadillo blanco	-

4.1.7 *Biota del aire*

- **Aves Residentes**

Se registraron 42 especies de aves, agrupadas en 24 familias. Las especies identificadas se muestran en la tabla No. 31.

Tabla 31: Aves residentes identificadas en el Valle de Sébaco. (14)

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus	Gremio
Ardeidae	<i>Ixobrychus exilis</i>	Avetorillo Pantanero	R	Carnívoro (peces pequeños, ranas, insectos e invertebrados)
	<i>Ardea alba</i>	Garzón Grande	R	Carnívoro (peces e invertebrados)
	<i>Egretta thula</i>	Garceta Patiamarilla	R,M	Carnívoro (peces e invertebrados)
	<i>Egretta caerulea</i>	Garceta Azul	R	Carnívoro (peces e invertebrados)
	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla Bueyera	R,M	Insectívoro: saltamontes y otros insectos que salen de sus escondites cuando pasta el ganado o cuando transtan los tractores en los campos agrícolas.
	<i>Butorides virescens</i>	Garcilla Capiverde	R	Carnívoro (peces e invertebrados)
Ciconidae	<i>Mycteria americana</i>	Cigüeña Americana	R	Piscívoro
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro	R	Carnívoro: tortuguillas y frutas (bananas)
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche Piquirrojo	R	Herbívoro, semillas
Accipitridae	<i>Elanus leucurus</i>	Elanio Azul	R	Carnívoro
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Caracara Crestado	R	Carnívoro
Burhinidae	<i>Burhinus bistriatus</i>	Alcaraván Americano	R	Insectívoro, gusanos, escorpiones, caracoles, pequeños reptiles, ranas y algunas semillas
Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela	R,M	Omnívoro (peces, insectos acuáticos,

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus	Gremio
		Cuellitegra		crustáceos, moluscos, semillas)
Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana Centroamericana	R	Insectívoro (insectos acuáticos), peces pequeños, caracoles y semillas.
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma Común	R	Granívoro (arroz)
	<i>Zenaida asiatica</i>	Tórtola Aliblanca	R,M	Granívoro (semillas y granos)
	<i>Columbina inca</i>	Tortolita Colilarga	R	Granívoro (semillas y granos)
	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita Rojiza	R	Granívoro (semillas y granos)
Psittacidae	<i>Aratinga canicularis</i>	Perico Frentinaranja	R	Omnívoro (semillas, frutos, flores y larvas)
	<i>Brotogeris jugularis</i>	Chocoyo Barbinaranja	R	Omnívoro (semillas, frutos especialmente de Cecropia, Ceiba y Bombax y larvas), flores y néctar de Erythrina, Guava y Balsa).
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero común	R	Omnívoro (insectos, semillas y frutos)
Trogonidae	<i>Trogon melanocephalus</i>	Trogón cabecinegro	R	Omnívoro (insectos, semillas y frutos)
Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero nuquigualdo	R	Omnívoro, frutas: higo, néctar de balsa y otras flores.
Tyrannidae	<i>Pithangus sulfuratus</i>	Guis común	R	Omnívoro (peces, insectos, pequeñas lagartijas, serpientes,

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus	Gremio
				ranas, ratones, gusanos, arañas, pequeños pájaros y semillas).
	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Cazamoscas	M	Omnívoro (insectos, semillas y frutos)
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical	R	Omnívoro (insectos, abejas, mariposas, avispas, renacuajos, libélulas, frutas y semillas).
Hirundinidae	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina Gorginegra	P	Insectívoro
	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina Común	P	Insectívoro
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Saltapiñuela Nuquirrifa	R	Omnívoro (insectos, frutos y semillas)
	<i>Thryothorus pleurostictus</i>	Charralero Fajeado	R	Omnívoro (insectos, frutos y semillas)
Sylviidae	<i>Polioptila albiloris</i>	Perlita Cabecinegra	R	Insectívoro, escarabajos, pequeñas mariposas nocturnas y arañas
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Sensontle Pardo	R	Omnívoro (insectos, gusanos, larvas de insectos y adultos, lagartijas, frutas y semillas)
Parulidae	<i>Dendroica petechia</i>	Reinita Amarilla	R,M	Insectívoro (insectos del follaje)
	<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito Negro	R	Omnívoro (semillas e insectos)
Emberizidae	<i>Sporophila americana</i>	Espiguero Variable	R	Omnívoro (semillas e insectos)
	<i>Aimophila ruficauda</i>	Sabanero	R	Omnívoro (semillas, arañas e

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Estatus	Gremio
		Cabecilistado		insectos)
Cardinalidae	<i>Cyanocopsa cyanoides</i>	Piquigrueso Negriazulado	R	Omnívoro (semillas, frutas e insectos)
	<i>Guiraca caerulea</i>	Piquigrueso Azul	R	Omnívoro (semillas e insectos)
Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	Tordo Sargento	R	Omnívoro (insectos, arañas, frutas y semillas)
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate Grande	R	Omnívoro (lagartijas, insectos, frutos, peces, pequeños y huevos de pájaros)
	<i>Icterus pectoralis</i>	Chichiltote Maculado	R	Omnívoro (insectos y frutas y semillas)
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión Común	R	Omnívoro (semillas, granos, insectos)

4.1.8 Biota del agua

En las tablas 32 y 33 se presentan los resultados de análisis laboratorio en dos muestras de agua para Fito plancton y zooplancton en el río Grande de Matagalpa.

- **Fitoplancton**

Tabla 32: Resultados de análisis Cualitativo de Fitoplancton.

Cualitativo	Cuantitativo (Células/mililitro)	
	Punto 1	Punto 2
CHLOROPHYTA	1,000.00	5,000.00
Chlorella vulgaris	1,000.00	5,000.00
BACILLARIOPHYTA	5,000.00	40,000.00
(Diatomeas)		
Navicula radiosa		5,000.00
Navicula cari	5,000.00	10,000.00
Navicula placentula		5,000.00
Chaetoceros		20,000.00
TOTAL	6,000.00	45,000.00

- Zooplancton

Tabla 33: Resultados de análisis Cualitativo de Zooplancton.

Cualitativo	Cuantitativo (Organismo/litro)	
	Punto 1	Punto 2
Phylum: Protozoa	136,50	819,00
Sub-phylum: Ciliophora		
Clase: Ciliata		
Sub-clase: Spirotrichia		
Orden: Tintinnida		
Familia: Tintinnidae		273,00
<u>Género: Tintinnopsis cratera</u>		136,50
<u>Género: Tintinnopsis fluviata</u>	136,50	273,00
<u>Género: Tintinnopsis sp.</u>		
Sub-phylum: Sarcomastigophora		
Clase: Chromonadea		
Orden: Euglenoida		
Familia: Euglenidae		136,50
<u>Género: Euglena gracilis</u>		409,50
<u>Género: Trachelomonas aculeata</u>		
Phylum: Trochelminthes	136,50	136,50
Sub-Phylum: Rotatoria		
Clase: Monogonta		
Orden: Ploima		
Familia: Brachionidae		136,50
<u>Género: Brachionus plicatilis</u>		
Familia: Euchlanidae	136,50	
<u>Género: Colurella sp.</u>		
Phylum: Coelenterata	136,50	136,50
Clase: Hidrozoa		

Cualitativo	Cuantitativo (Organismo/litro)	
	Punto 1	Punto 2
Larva Actinula de Hybocodon	136,50	136,50
TOTAL	409,50	1,092.00

- **Peces**

En la tabla 34, se presentan los resultados de los peces identificados en el Río Grande de Matagalpa.

Tabla 34: Resultados de Identificación de Peces en dos puntos de muestreo.

Nombre científico	Nombre común	No. de individuos encontrados
Punto 1		
<i>Archocentrus nigrofasciatus</i>	Carate	7
<i>Poecilia gilli</i>	Puna	4
<i>Bryconamericus scleroparius</i>	Sabaleta o Sardina	6
<i>Astatheros longimanus</i>	Masamiche o Mojarra	2
Punto 2		
<i>Archocentrus nigrofasciatus</i>	Carate	2
<i>Parachromis dovii</i>	Guapote lagunero	1
<i>Poecilia gilli</i>	Puna	1
<i>Bryconamericus scleroparius</i>	Sabaleta o Sardina	1

4.1.9 Dosis y frecuencia de aplicación de Metamidofos y Terbufos

La tabla No. 16 muestra las dosis y frecuencias de aplicación por cultivo en el área de interés.

Tabla 35: Dosis y frecuencia de aplicación de Metamidofos y Terbufos.

Cultivo	Plaguicida	Dosis	Frecuencia de aplicación (aplicaciones/año)	Dosis Recomendadas (MAGFOR/Fabricante)
Arroz	Metamidofos ²⁵	2 l/mz 2,8 kg/mz	4	1,4 – 2,8 l/mz 1,88 – 3.76 kg I.A/mz
Cebolla	Metamidofos	1,38 l/mz 1,86 kg/mz	10	1,4 – 2,8 l/mz 1,88 – 3.76 kg I.A/mz
	Terbufos	13.64 kg/mz	2	Uso no registrado
Tomate	Metamidofos	0,4 l/mz 0.54 kg/mz	10	1,4 – 2,8 l/mz 1,88 – 3.76 kg I.A/mz
	Terbufos	13.64 kg/mz	2	Uso no registrado

4.1.10 Evaluación de la Exposición a Terbufos y Metamidofos

Los resultados de la evaluación de la exposición a metamidofos y terbufos, determinados mediante el uso del modelo PELMO y el modelo empírico, se presentan a continuación.

²⁵ Densidad de Metamidofos = 1.343 g/ml

Terbufos**COUNTER 15 G****Tabla 36: Exposición a Terbufos: Ecuaciones, Variables y Resultados.**

Parámetro calculado	Ecuación	Variables	Resultado
Ingrediente Activo	$IA(mg / pie^2) = P(mg / pie^2) * \% IA$ <p>Donde: P = Producto en mg/pie² IA = Ingrediente Activo % IA = Porcentaje de ingrediente activo del compuesto aplicado</p>	P = 88.7 mg/pie ² % IA (Counter 15) = 15%	IA = 13,3 mg/pie²
Exposición al Ingrediente Activo	$IAE(mg / pie^2) = IA * \% NI$ <p>Donde: IAE = Ingrediente Activo Expuesto % NI = Porcentaje de ingrediente activo no incorporado al suelo (presente en la superficie)</p>	% NI (Counter 15) = 15 %	IAE = 2,0 mg/pie²

Parámetro calculado	Ecuación	Variables	Resultado
Numero de granos expuestos	$NG(1/ \text{pie}^2) = IAE / \% IA * PG$ <p>Donde: NG = Número de Granos PG = Peso del Grano en mg</p>	PG = 0.1 mg % IA = 15 %	NG = 133 granos/ pie ²

Metamidofos

Los Resultados de la simulación del modelo PELMO, que determinan la distribución, exposición a Metamidofos, así como el balance de agua se presentan en las siguientes tablas.

Tabla 37: Tomate; Destino final del Plaguicida en el suelo.

Año	Total de plaguicida absorbido por la planta	Total de plaguicida degradado	Total de plaguicida volatilizado	Total de plaguicida erosionado	Total de plaguicida por escorrentía	Plaguicida infiltrado por debajo de la zona de la raíz	Plaguicida infiltrado por debajo del perfil	Total de plaguicida en el testigo
1	1,84E-02	4,235	3,29E-06	3,04E-05	1,70E-04	2,45E-16	2,45E-16	8,37E-05
2	8,50E-03	4,075	3,48E-06	1,61E-05	3,09E-04	0	0	9,09E-05
3	5,87E-03	4,051	3,62E-06	6,83E-07	4,34E-05	8,65E-23	8,65E-23	5,41E-05
4	1,26E-03	4,086	3,53E-06	4,92E-07	4,88E-05	9,02E-23	9,02E-23	7,77E-05
5	1,26E-02	4,057	3,31E-06	8,97E-07	1,03E-04	0	0	8,71E-05
6	4,27E-03	4,079	3,60E-06	2,56E-07	6,55E-05	1,50E-23	1,50E-23	4,50E-05
7	2,47E-02	4,029	3,15E-06	1,15E-04	2,66E-03	1,14E-14	1,14E-14	9,77E-05
8	1,18E-04	4,087	3,54E-06	2,97E-13	6,23E-12	4,32E-21	4,32E-21	7,69E-05
9	7,01E-03	4,076	3,06E-06	1,45E-06	1,39E-04	1,29E-17	1,29E-17	6,79E-05
10	1,41E-04	4,083	3,88E-06	1,30E-09	3,72E-08	0	0	9,93E-05
11	3,63E-03	3,791	3,33E-06	7,44E-09	1,82E-07	0	0	6,30E-05
12	2,43E-04	4,454	2,02E-06	4,42E-07	1,06E-04	0	0	1,00E-06

Tabla 38: Balance de agua y sedimentos en el cultivo de tomate.

Año	Sedimento total erodado de la superficie (ton métricas)	Perfil total de ET (cm de agua)	Recarga por debajo de la zona de la raíz	Recarga por debajo del testigo
1	152,3	58,40	37,65	37,65
2	109,8	40,99	13,43	13,43
3	74,53	23,97	30,26	30,26
4	314,5	44,97	57,07	57,07
5	174,5	47,27	34,10	34,10
6	404,6	42,22	103,6	103,6
7	563,0	49,00	70,22	70,22
8	122,4	24,55	37,38	37,38
9	2787	36,39	57,36	57,36
10	129,3	27,9	60,16	60,16
11	165,6	31,82	33,70	33,70
12	258,9	27,79	19,93	19,93

Tabla 39: Cebolla; Destino final del Plaguicida en el suelo.

Año	Total de plaguicida absorbido por la planta	Total de plaguicida degradado	Total de plaguicida volatilizado	Total de plaguicida erosionado	Total de plaguicida por escorrentía	Plaguicida infiltrado por debajo de la zona de la raíz	Plaguicida infiltrado por debajo del perfil	Total de plaguicida en el testigo
1	1,23E-02	3,199	2,35E-06	1,50E-06	2,08E-04	0	0	7,18E-08
2	9,98E-03	3,202	2,76E-06	1,32E-06	1,05E-04	0	0	4,22E-08
3	1,06E-03	3,162	2,66E-06	6,93E-08	1,77E-06	0	0	2,36E-08
4	2,85E-02	3,18	2,44E-06	7,32E-05	2,70E-03	0	0	3,33E-08
5	3,06E-02	3,181	1,98E-06	3,76E-06	3,19E-04	0	0	4,38E-08
6	4,29E-03	3,207	2,34E-06	7,85E-07	6,67E-05	7,88E-24	0	2,25E-08
7	1,32E-02	3,149	2,54E-06	6,59E-06	9,79E-04	4,62E-08	5,26E-13	7,00E-08
8	9,13E-03	3,202	2,57E-06	6,99E-06	9,80E-04	0	0	5,10E-08
9	5,26E-03	3,206	2,55E-06	4,64E-07	1,57E-05	0	0	3,50E-08
10	8,21E-03	3,204	2,68E-06	7,71E-08	1,41E-05	0	0	5,77E-08
11	2,74E-04	3,163	2,56E-06	6,84E-08	5,54E-06	0	0	3,47E-08
12	2,62E-02	3,176	2,48E-06	1,52E-04	8,96E-03	0	0	1,23E-08

Tabla 40: Balance de agua y sedimentos en el cultivo de cebolla.

Año	Sedimento total erodado de la superficie (ton métricas)	Perfil total de ET (cm de agua)	Recarga por debajo de la zona de la raíz	Recarga por debajo del testigo
1	151,8	78,70	10,84	16,25
2	146,6	53,36	0,0000	0,0000
3	226,6	45,10	5,117	5,117
4	693,4	77,08	15,51	15,51
5	361,9	69,70	6,101	6,101
6	733,6	88,48	48,96	48,96
7	749,1	91,51	22,88	22,88
8	318,9	49,19	7,902	7,902
9	2801	62,34	30,47	30,47
10	387,0	65,89	15,33	15,33
11	297,8	45,88	15,37	15,37
12	323,1	52,82	4,992	4,992

Tabla 41: Arroz; Destino final del Plaguicida en el suelo.

Año	Total de plaguicida absorbido por la planta	Total de plaguicida degradado	Total de plaguicida volatilizado	Total de plaguicida erosionado	Total de plaguicida por escorrentía	Plaguicida infiltrado por debajo de la zona de la raíz	Plaguicida infiltrado por debajo del perfil	Total de plaguicida en el testigo
1	5,53E-05	6,165	5,13E-07	1,04E-07	7,02E-05	4,94E-11	3,80E-24	0
2	2,74E-05	2,114	2,85E-07	5,91E-08	3,08E-05	0	0	0
3	0	2,031	2,67E-07	2,59E-14	1,03E-12	0	0	0
4	3,36E-07	2,106	2,81E-07	2,50E-09	2,86E-07	0	0	0
5	2,18E-04	2,138	2,75E-07	2,01E-07	1,62E-04	5,36E-21	0	0
6	1,95E-03	2,11	2,72E-07	1,02E-05	3,01E-03	3,07E-24	0	0
7	4,71E-04	2,031	2,58E-07	2,27E-06	4,28E-04	5,08E-18	0	0
8	2,33E-05	2,106	3,05E-07	8,71E-08	4,60E-05	0	0	0
9	1,65E-06	2,138	2,58E-07	2,02E-08	6,86E-06	4,06E-09	4,40E-14	0
10	1,05E-04	2,114	2,82E-07	2,29E-06	1,07E-04	0	0	0
11	6,43E-19	2,031	2,82E-07	1,06E-10	3,76E-09	0	0	0
12	4,57E-05	2,106	2,68E-07	8,73E-08	5,48E-05	0	0	0

Tabla 42: Balance de agua y sedimentos en el cultivo de arroz.

Año	Sedimento total erodado de la superficie (ton métricas)	Perfil total de ET (cm de agua)	Recarga por debajo de la zona de la raíz	Recarga por debajo del testigo
1	2771	26,41	29,34	37,27
2	3805	36,14	2,344	2,344
3	4162	27,61	6,984	6,984
4	10590	48,30	15,88	15,88
5	7107	44,57	3,746	3,746
6	13260	82,62	17,15	17,15
7	14060	59,62	15,47	15,47
8	7089	28,11	13,15	13,15
9	30810	45,36	15,06	15,06
10	6703	51,26	8,426	8,426
11	3880	39,47	4,891	4,891
12	4687	38,92	2,533	2,533

4.1.11 Caracterización del riesgo

Terbufos

La Caracterización del riesgo para Terbufos, se llevó a cabo mediante el método empírico de los Coeficientes de Riesgo, luego se compararon los coeficientes obtenidos con los Niveles de Preocupación de la EPA (NP) para establecer la Presunción y Categoría de Riesgo.

Tabla 43: Terbufos, categoría de riesgo.

IAE (mg/pic2)	DL₅₀ (mg/kg)	Peso del pájaro (kg)	CR	Nivel de Preocupación (EPA)	Presunción de riesgo	Categoría de Riesgo
2,0	20,0	0,027	3,70	0,5	Hay Riesgo	Riesgo Agudo

Metamidofos

La caracterización del riesgo para Metamidofos, se estableció mediante el uso de las tablas de niveles de limpieza de suelo (anexo 11).

Tabla 44: Metamidofos, caracterización del riesgo.

METAMIDOFOS						
Cultivo	CAP (mg/kg) 80th percentile	Niveles de limpieza en suelos				Conclusión
		Exposición Directa (mg/kg)		Criterios de Protección		
		Residencial	Comercial/Industrial	Agua subterránea	Agua superficial	
Cebolla	2.47E-09	3.1	36	0.001	0	No existe riesgo
Tomate	0.906	3.1	36	0.001	0	Riesgo para agua subterránea y agua superficial

4.2 Análisis y Discusión de resultados

4.2.1 Suelo

Molisoles:

En la capa superficial (0 – 10 cm), los suelos Molisoles de la cuenca del Río zanjón Negro, presentan mayor contenido de arena (por encima del 55%) lo que permite un buen drenaje superficial, a medida que se profundiza en el perfil del suelo, aumenta la presencia de limo en el mismo disminuyendo la capacidad de drenaje. Lo anterior, define el drenaje interno de estos suelos como muy pobre.

Las características edafológicas y climáticas de estos suelos los definen como aptos para cultivos como algodón, ajonjolí, maní, maíz, sorgo, caña de azúcar, estos cultivos son adecuados para pendientes con rangos de 0-15% tomando en cuenta las debidas medidas de conservación y manejo. Sin embargo, a pesar de que las pendientes naturales en el área de estudio son aptas para estos cultivos, en la cuenca, específicamente en áreas con suelos molisoles, prevalecen los cultivos de hortalizas.

Los molisoles fueron identificados principalmente en las zonas destinadas al cultivo de hortalizas de riego ubicados en su mayoría a lo largo del tramo del Río Grande de Matagalpa.

En este tipo de suelos se observó que el pH tiene una tendencia a aumentar a medida que aumenta la profundidad del suelo es decir, tiende a ser más alcalino a mayor profundidad. Con respecto al contenido de materia orgánica en el suelo, éste debería disminuir a medida que aumenta la profundidad del suelo, sin embargo en algunos casos se presenta un incremento del mismo, esto se debe a que durante el fenómeno natural del Huracán Mitch, una gran cantidad de material se depositó en esta zona provocando un cambio en los aspectos físico – químicos del suelo original. Posteriormente este material fue removido y sustituido en muchos casos con material foráneo con características diferentes.

Vertisoles:

Estos suelos presentan altos contenidos de arcilla (por encima del 50%) por lo que durante la estación seca se contraen y presentan grietas anchas profundas y durante la estación lluviosa se expanden, el drenaje interno es de imperfecto a pobremente drenado y la fertilidad del suelo es de alta a baja.

Debido a las limitaciones texturales y de drenaje interno estos suelos en su gran mayoría son adecuados para el cultivo de arroz.

En los suelos vertisoles identificados y caracterizados, el pH tiende a incrementar a medida que se profundiza en las capas de suelo, observándose una tendencia de ligeramente ácidos a alcalinos. Con respecto al contenido de materia orgánica, éste disminuye a medida que se profundiza en el suelo, observándose en general que los contenidos más altos se presentan en los primeros centímetros del suelo. Así mismo, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico tienen una tendencia a aumentar (ver anexo No. 4 y 5).

4.2.2 Uso del suelo

Según los resultados de las encuestas realizadas a los productores de la zona, los cultivos predominantes son el arroz, cebolla y tomate. El 60% de los productores se dedican al cultivo de arroz, especialmente las variedades Anar e Inta; el restante 40% se dedican al cultivo de cebolla y tomate alternado con otros cultivos como repollo, chiltoma y maíz.

4.2.3 Agua Superficial

De acuerdo a los resultados de análisis de laboratorio, las concentraciones de materia orgánica en sedimentos para el Zanjón Negro es alta, esto se puede deber a que hacia este cuerpo de agua descargan las aguas procedentes de las arroceras las cuales contienen nutrientes y restos de plantas una vez que ha concluido el ciclo agrícola. Además, la presencia de macrófitas sobre el río Zanjón Negro es característica de cuerpos de agua eutrofizados.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos medidos en el río Grande de Matagalpa, el agua se caracteriza como alcalina, oscilando entre 7,7 – 8, 6. Comparado con los valores permisibles para aguas naturales, ésta se encuentra dentro del rango establecido, siendo el pH requerido para garantizar la vida acuática, de 6 a 9 unidades de pH.

La conductividad es la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica. Por lo general varía entre 0.55 y 0.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oscilando los valores registrados en el río entre 0,25-0,27 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por debajo de los rangos permisibles

La temperatura del agua tiene gran importancia debido a que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. La temperatura registrada en el Río Grande de Matagalpa fue de 24,2 °C encontrándose dentro del rango establecido. Si se comparan los resultados con las Normas CAPRE, el valor recomendado establecido es de 18 a 30 °C, por lo que el valor registrado se encuentra dentro de los valores recomendados por la Norma para consumo humano. Sin embargo, los ríos presentes en el área de estudio no son para consumo humano debido a que se encuentra en una zona donde se utilizan plaguicidas y descargan las aguas provenientes de los cultivos de arroz (Zanjón negro).

La concentración de oxígeno es relevante en el control de la calidad de las aguas, siendo su presencia y concentración esencial para sustentar las formas superiores de vida, como también para evaluar los efectos de potenciales agentes contaminantes, principalmente por el balance de oxígeno en el sistema. Los valores registrados en el Río Grande de Matagalpa se encuentran dentro de los rangos de oxígeno disuelto permisibles.

Los parámetros sólidos sedimentables (ml/l/h), densidad (g/ml), carbono orgánico total (%), materia orgánica (%) no se discuten debido a que fueron determinados para ser utilizados en el modelo PELMO.

4.2.4 Agua subterránea

El agua subterránea presenta un pH que oscila entre 7,0 – 7,9, con tendencia a alcalino, la temperatura promedio es 26,2 °C y la conductividad eléctrica promedio es de 354,8 mS/cm. Según PROCONSULT, 1984; la parte norte de la cuenca presenta un considerable potencial de agua subterránea que hasta el momento no ha sido explotada, en la parte central y sur del Valle de Sébaco se han realizado extracciones considerables de agua subterránea desde 1984 para riego de los cultivos. Los valores reportados según estudios realizados por la empresa PROCONSULT, indican que el pH, la temperatura y la conductividad eléctrica reflejan los valores esperados en aguas subterráneas (24, 15).

En la zona central del valle, las capas que recubren el acuífero son impermeables; el acuífero descansa sobre capas arcillosas que constituyen la unidad inferior, la unidad superior está constituida por capas de limos y arcillas. Por las características de las capas inferior y superior del acuífero, se puede decir que este es un acuífero semi-confinado, por lo que la vulnerabilidad a la contaminación proveniente de fuentes agrícolas es menor que en condiciones libres.

Las áreas de recarga natural del acuífero se ubican principalmente en los sectores altos de la cuenca del Valle de Sébaco y en las inmediaciones de los bordes del valle. En los sectores centrales, la posibilidad de recarga del acuífero, sea de lluvia o del escurrimiento de los ríos, está limitada por la existencia de los estratos arcillosos que impermeabilizan el acuífero.

El agua subterránea del Valle de Sébaco se encuentra bajo confinamiento y presión en amplios sectores debido a la forma en que se encuentra el acuífero.

El acuífero del Valle de Sébaco es heterogéneo, la parte donde se localiza la cuenca Zanjón Negro mantiene una recarga debido a la existencia de los dos ríos permanentes (Grande de Matagalpa y Río Viejo) y a lo largo de estos ríos se encuentran sedimentos gruesos que forman un acuífero muy productivo.

4.2.5 Receptores humanos

Los aspectos socio-culturales son factores agravantes de la exposición humana a terbufos. En nuestro país la cultura de aplicación de plaguicidas sin ningún tipo de protección es extremadamente arraigada, por lo tanto, los trabajadores del campo pueden estar expuestos al producto a través de la mezcla, carga y aplicación.

No es una escena fuera de lo usual encontrar aplicadores ingiriendo sus alimentos en áreas durante el tratamiento y después de este. Frecuentemente se observan las bombas o envases de plaguicidas al lado de los empleados, mientras estos ingieren sus alimentos. No existe cultura de lavarse las manos después de la aplicación. Al respecto, un estudio realizado por la EPA sobre evaluación de riesgo del Terbufos y Metamidofos en los años 1998 y 2001 (11), indican que el riesgo de intoxicación para los aplicadores disminuye si se usan sistemas de carga cerrada (en el caso de productos granulares), equipos de protección indicados y si se respetan los períodos establecidos de reingreso al campo tratado, 48 horas. Sin embargo, en Nicaragua, este tipo sistemas de aplicación (carga cerrada) no es frecuente dado el bajo nivel de tecnología usado en el campo, difícilmente se respetan períodos de reingreso, ya que los trabajadores tienen salarios por día y el empleador exige el cumplimiento del tiempo pagado.

Durante las aplicaciones, a escasos metros y en las márgenes del Río Grande se observaron los usuarios, lavando ropa, nadando y pescando. Esta situación no es diferente durante el invierno, donde los riesgos de arrastre del producto son mayores después de eventos de lluvia y por consiguiente la posibilidad de que se encuentre el producto en el agua es mayor.

4.2.6 Biota del suelo

La diversidad de organismos en el área de cultivo de arroz y hortalizas es muy pobre, predominando hormigas, grillos y mariquitas. Se considera que la biodiversidad es muy escasa debido a la aplicación de plaguicidas tales como Tebufos, Metamidofos, Lorban y Metil Paration que se aplican tanto en forma separada como combinada. Así mismo la

preparación mecanizada del suelo y el monocultivo son prácticas comunes en el área de estudio que contribuyen a la pérdida de la macro-fauna del suelo.

4.2.7 *Biota del Aire*

Aves

Se identificó una gran biodiversidad de aves en el área, siendo la zona de las arroceras el área donde se registró la mayor diversidad de especies. La familia *Ardeidae* fue la más abundante con 6 representantes, seguidas por la familia *Columbidae* con 4 especies. Así mismo, el tamaño y sexo de las aves fue diverso, identificándose aves adultas, jóvenes y de ambos sexos.

Se identificaron de acuerdo a los hábitos (granívoro, omnívoro), un total de 18 familias de aves en riego: *Ardeidae*, *Anatidae*, *Burhinidae*, *Recurvirostridae*, *Jacanidae*, *Columbidae*, *Cuculidae*, *Trogonidae*, *Picidae*, *Tyrannidae*, *Hirundinidae*, *Troglodytidae*, *Turdidae*, *Parulidae*, *Emberizidae*, *Cardinalidae*, *Icteridae*, *Passeridae*.

El arrozal fue el área con mayor número de especies, representando el 76.2% de las especies identificadas, siendo el área en la que se invirtió mayor esfuerzo.

A pesar de realizarse la gira en época no migratoria se identificaron dos especies migratorias: Cazamoscas Pechiamarilla (*Myiodynastes luteiventris*) y Reinita Amarilla (*Dendroica petechia petechia*) y dos especies migratorias de paso: Golondrina común (*Hirundo rustica*) y Golondrina gorginegra (*Petrochelidon pyrrhonota*); así como cuatro especies que presentan poblaciones tanto migratorias como residentes en el país: Garceta patiamarilla (*Egretta thula*), Garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*), Cigüeñuela Cuellinegra (*Himantopus mexicanus*) y Tórtola Aliblanca (*Zenaida asiatica*).

Cabe señalar que el estatus de la Reinita Amarilla (*Dendroica petechia*) es Residente (R), Migratoria (M); siendo *Dendroica petechia erithachorides* la subespecie que mantiene una

población residente y *Dendroica petechia* la subespecie que mantiene una población estrictamente migratoria.

Se observaron en el arrozal muchas especies que se alimentan principalmente de insectos acuáticos, peces, semillas y granos. Las especies observadas en el parche de bosque no se registraron en los otros transeptos. De las 10 especies registradas en el bosque, el 50% fueron exclusivas a este transecto: Tórtola Aliblanca (*Zenaida asiatica*), Trogón Cabecinegro (*Trogon melanocephalus*), Cazamoscas Pechiamarillo (*Myiodynastes luteiventris*), Charralero Nuquirufa (*Campylorhynchus rufinucha*), y Chichiltote Maculado (*Icterus pectoralis*).

La exposición de las aves a los plaguicidas terbufos y metamidofos depende en gran medida de los hábitos alimenticios y la forma de captura de las presas. Las aves que caminan sobre las áreas de cultivo en busca del alimento, estarán expuestas a los residuos no incorporados de ambos productos, de igual forma estarán expuestas las aves que se alimentan de insectos del suelo contaminados con los productos.

Otro factor que debe ser considerado de riesgo para las aves, es el consumo de agua de las fuentes naturales disponibles en la cuenca cuando éstas han sido contaminadas por plaguicidas. Generalmente, esto ocurre después de un evento fuerte de lluvia, que ocasione escorrentías, que arrastren sedimentos que contienen plaguicidas. Las aves que acostumbran a capturar la presa en las riveras de los ríos con hábitos alimenticios omnívoro y carnívoro, están expuestas por vía oral al capturar y consumir peces pequeños, larvas de insectos y algunos crustáceos contaminados.

Las aves que acostumbran a buscar el alimento caminando en las áreas de cultivo tienen una exposición dérmica al caminar y exposición oral al consumir gránulos de terbufos en lugar de semillas, en áreas donde se ha dado una aplicación previa del producto. Las aves que acostumbran a visualizar el alimento desde las ramas de los árboles tienden a confundir las semillas por granos de terbufos debido a su tamaño (0,8 mm), forma, color, el cual es similar al de una semilla. Por otro lado, éstas también ingieren gránulos adheridos a la superficie de algunas presas invertebradas o ingerir la presa contaminada tales como

gusanos de tierra, gorgojos y caracoles que fueron muy comunes en los arrozales y hortalizas. Un caso muy particular es el de la paloma común (*Columba livia*) ya que ésta permanece en los campos de arroz y se alimenta del mismo.

Sin embargo, es muy importante señalar que se necesita que un ave haya consumido un número determinado de gránulos de terbufos para que represente una DL₅₀, además del tamaño, peso corporal y edad del pájaro. Según un estudio realizado por la EPA sobre el riesgo ecológico en aves en el año 2001 (11), para la formulación 15G de 41 a 257 gránulos equivalen a una DL₅₀, dependiendo del peso del pájaro.

4.2.8 Biota del Agua

En el área muestreada en el río Grande de Matagalpa, se identificaron los peces: Puna, Guapote lagunero, Tilapia, Mojarra, Carate y Sabaleta, los cuales son capturados para consumo local. En el caso del Zanjón Negro, no se hizo identificación de peces debido a dificultades de acceso en el área, además de que el mismo se encuentra saturado de plantas macrófitas.

Debido a la extrema toxicidad del terbufos, existe una marcada preocupación por especies acuáticas en riesgo. Hasta el momento no se han reportado muertes masivas de peces en el área de estudio lo que indica que debido a la baja frecuencia de aplicación y a las características de los dos cuerpos de agua no se han alcanzado niveles tóxicos para los organismos acuáticos.

Considerando los hábitos alimenticios de los peces identificados, se sabe que la Tilapia es un pez que tiene diferentes hábitos alimenticios, lo cual está en dependencia de la especie, en el área de estudio se identificó Tilapia aurea (*Oreochromis aureus*), la que en estado de alevín se alimenta del zooplancton y en estado adulto se alimenta también del fitoplancton, zooplancton y cuando no dispone de éste alimento natural se alimenta de los organismos del fondo que se encuentran en el bentos (detritus), por lo que ésta se considera una especie en riesgo.

Desde el punto de vista de productividad primaria (fitoplancton), la calidad del agua en el río Grande de Matagalpa, en los puntos muestreados, es buena, lo que se confirma con la presencia de las Chlorophytas y Bacillariophytas y la ausencia de Cyanophytas y Dinoflagelados. Con respecto al zooplancton, se observó un grupo muy diverso, indicando a su vez una buena calidad del agua.

4.2.9 Dosis y frecuencia de aplicación

Terbufos y Metamidofos son plaguicidas ampliamente usados en el área de estudio. Según resultados de las encuestas realizadas a los productores, terbufos se emplea como un pretratamiento del suelo en cultivos de cebolla y tomate. Metamidofos es empleado para el control de chinches en el arroz y plagas que atacan las hortalizas (insectos chupadores y masticadores, oruga, mosca blanca y áfidos).

Las tasas de aplicación de ambos productos se determinaron según encuestas realizadas a los productores. De estas se concluye que el Terbufos se aplica en cultivos para los cuales el producto no se encuentra registrado en el país, tales como cebolla y tomate.

A continuación se discute la frecuencia y dosis de aplicación de Counter 15 (terbufos) y MTD (metamidofos), formulaciones de mayor uso en el área de estudio:

1. A pesar de que el terbufos no está registrado en Nicaragua para uso en cebolla y tomate, en el área de estudio se verificó el uso del producto en estos cultivos, predominantes en la zona. Los cálculos indican que la tasa de aplicación supera a las recomendadas para algunos cultivos como maíz, sorgo y remolacha. En el caso de cebolla y tomate la cantidad de ingrediente activo aplicado por manzana es de 13.64 kg i.a./mz en ambos cultivos. Ya que no existe una dosificación establecida para tales cultivos, para efectos de evaluar la cantidad de ingrediente activo aplicado por manzana, la tasa de aplicación se comparó con las tasas de aplicación para remolacha, sorgo y maíz. American Cyanamde estableció que la máxima tasa de aplicación tanto en cultivos en banda como en surcos no debe exceder 1.61 Kg i.a./mz, siendo las tasas típicas de aplicación de 0.60 Kg i.a./mz en sorgo y 0.9 Kg

i.a/mz en remolacha. De lo anterior se deduce que la cantidad de ingrediente activo utilizado por manzana cultivada en cebolla y tomate, excede a los valores permitidos o recomendados por el fabricante para cultivos tales como sorgo y remolacha.

2. MTD (Metamidofos): El uso de este producto es muy amplio debido a que su precio en el mercado es más bajo en comparación con el de otros productos, oscilando entre U\$ 4,5 y 5,0/l. El producto se encuentra registrado en el país para su uso en arroz y hortalizas bajo el nombre comercial de MTD 60 SL, en dosis recomendadas según MAGFOR de 1.1 a 1.43 l/mz. Sin embargo, en el área de estudio se registraron dosis de aplicación de 2 l/mz en arroz, lo que excede la dosis recomendada por la Autoridad encargada del registro del producto. En el caso del cultivo de cebollas, la dosis de aplicación se encuentra en el valor máximo recomendado y en el caso del tomate, se aplican dosis por debajo de las dosis recomendadas.

Debido a la falta de conocimientos técnicos y educación a nivel general, los productores tienden a aplicar las dosis recomendadas por hectárea, como dosis por manzana. Lo anterior significa que en 1 manzana cultivada en el área de estudio, se aplica 1,4 veces más la cantidad de producto recomendado.

4.2.10 Evaluación de la exposición a Terbufos y Metamidofos

Terbufos

Los resultados obtenidos indicaron que el número de granos expuestos por pie cuadrado que se encuentran disponibles para las aves en las zonas de cultivo de hortalizas, es de 133,0 granos/pie² equivalentes 2.0 mg/pie² de ingrediente activo expuesto. El terbufos es considerado un plaguicida granular, por sus características físico-químicas tiende a adherirse a las partículas del suelo y representar un único riesgo para las aves que se alimentan de gránulos ya que éstas tienden a confundir los granos de terbufos con semillas que acostumbran a ingerir.

Los estudios recientes realizados por la EPA (11), han demostrado que los residuos de terbufos (compuesto parental y sus metabolitos) son altamente móviles y persistentes. En consecuencia pueden alcanzar los cuerpos de agua superficial por medio de las escorrentías.

La principal ruta de acceso de terbufos a los cuerpos de agua superficial que rodean la cuenca es el arrastre del producto no incorporado al suelo, especialmente en las zonas de hortalizas ubicadas en las márgenes del Río Grande de Matagalpa. Además del arrastre de producto no incorporado, también es de interés el producto que llega al río por vía de los drenajes provenientes de las zonas de cultivo y por infiltración que viaja en el sentido de la pendiente llevando consigo el producto y sus metabolitos.

Metamidofos

Las concentraciones ambientales previstas de Metamidofos se estimaron mediante el uso del modelo PELMO.

En el presente acápite, los resultados de la simulación se discutirán de acuerdo al tipo de cultivo simulado.

Arroz:

Balance de masa

Como resultado de la simulación, el modelo PELMO generó el archivo CHEM. PLM, el cual contiene el balance de masa del compuesto, en donde se reflejan los mecanismos de transporte y principales rutas de degradación del metamidofos en la planta y en el suelo.

La cantidad total de producto aplicado en un año fue de 15,68 kg/ha. De estos el 90% del compuesto, equivalentes a 14,1 kg/ha se degrada en la planta y una porción del 10% alcanza el suelo. De este 10 %, una parte es absorbida a través de la raíz de la planta y otra porción es transportada por lixiviación y difusión en concentraciones muy pequeñas.

Los resultados de la simulación indican que el metamidofos no es persistente en el suelo. La mayor degradación del compuesto se da en los primeros 4 cm del perfil del suelo

estudiado. Una cantidad menor del producto, se moviliza hacia las capas inferiores por debajo de los 100 centímetros del perfil de suelo simulados. Esto se debe a que el producto, en suelos franco arcillosos se degrada rápidamente a su metabolito O-dimetil metamidofos y este a su vez se metaboliza dando lugar a la formación de dióxido de carbono. Las concentraciones detectadas son despreciables y se encuentran por debajo de las permisibles por la EPA (Anexo No. 9).

Debido a que la frecuencia de aplicación de metamidofos en arroz es relativamente baja (cuatro aplicaciones al año) y a que la vida media del producto en suelos franco arcillosos es de 14 horas, la degradación del mismo ocurrirá antes de que se produzca un almacenamiento en el perfil del suelo.

Por debajo de la zona de la raíz, cerca de los 20 cm, y por debajo del perfil simulado (100 cm) de acuerdo a los resultados del modelo, se registran valores trazas de metamidofos. Sin embargo, la probabilidad de infiltración de metamidofos al manto acuífero es muy baja, lo cual se debe a las condiciones mismas del acuífero: delimitado por una capa superior arcillosa o impermeable; así como la rápida degradación del plaguicida y la frecuencia de aplicación del mismo (ver tabla 41).

Distribución del compuesto en los diferentes compartimentos del suelo

El modelo generó el archivo KONZCHEM.PLM que contiene el perfil de concentración de metamidofos en el suelo. El compuesto particiona en el medio de la siguiente forma: Adsorbido en las partículas del suelo, disuelto en la fase acuosa del suelo y disuelto en el aire del suelo. Los resultados indicaron que no se detectaron concentraciones del compuesto en ninguno de los compartimentos del suelo.

Cebolla

Balance de masa

La cantidad total de producto aplicado en un año fue de 26,00 kg/ha, lo que equivale a 2,6 kg/ha por aplicación para un total de diez aplicaciones. La primera aplicación se da en el mes de abril.

Los resultados de la simulación indicaron que durante la primera aplicación, el 38,5 % del compuesto, equivalentes a 1,0 kg/ha son retenidos en la planta, el restante 61,5% o 1,596 kg/ha alcanzan la superficie del suelo. Del producto retenido en la planta, el 89% se degrada y el restante 11% se almacena en la superficie de la planta.

La porción del producto que alcanza el suelo, es absorbida nuevamente por la planta y otra parte es transportada por lixiviación y difusión en concentraciones muy pequeñas. Una cantidad significativa del compuesto que alcanza la superficie del suelo (0,9771 kg/ha) se almacena en los primeros 4 centímetros del perfil de suelo simulado. Esta cantidad de producto se degrada en un período de 6 días después de la aplicación.

Debido a que la frecuencia de aplicaciones es irregular, con intervalos de 11 días entre las primeras seis aplicaciones, el producto se degrada sin que ocurra una acumulación en el perfil del suelo.

El balance de masa anual, indica que el producto no se moviliza por debajo de la zona de la raíz de la planta, es decir por debajo de los 60 cm. Al igual que en el cultivo de arroz, la mayor parte del compuesto es degradado en los primeros 60 cm de suelo.

Las mayores concentraciones se reportaron en los primeros 4 centímetros del perfil del suelo, disminuyendo a medida que la profundidad se incrementa. Esto indica que el producto no es muy persistente en el suelo, pero tiene una alta movilidad. Considerando la alta solubilidad del metamidofos, este se moviliza hacia las capas inferiores a través de la fase acuosa del suelo pero en cantidades despreciables (ver tabla 39).

Distribución del compuesto en los diferentes compartimentos del suelo

Los resultados del modelo indican que el compuesto particiona en el horizonte uno del suelo, en los primeros 18 centímetros. Concentraciones trazas del compuesto fueron determinadas por el modelo disminuyendo a medida que se profundiza en el perfil del suelo.

Tomate

Balance de masa

La cantidad total de producto aplicado en un año fue de 7,5 kg/ha, lo que equivale a 0,75 kg/ha para un total de 10 aplicaciones por año. La primera aplicación se dio en el mes de abril. Los resultados indicaron que durante la primera aplicación, el 11,0 % del compuesto, equivalentes a 0,082 kg/ha es retenido en la planta, el restante 89,0% o 0,668 kg/ha alcanzan la superficie del suelo. Del producto retenido en la planta, el 89% se degrada y el restante 11% se almacena en la superficie de la planta. Una porción del producto que alcanza el suelo, es nuevamente absorbida por la planta y otra es transportada por lixiviación y difusión en concentraciones muy pequeñas.

Durante la primera aplicación, una cantidad significativa del compuesto de 0,2899 kg/ha se almacena en las primeras capas del suelo (primeros 4 centímetros). Al igual que en el cultivo de cebolla, esta cantidad de producto se degrada en los primeros 10 días después de aplicado el producto y antes de la segunda aplicación.

La frecuencia de aplicaciones es irregular, con intervalos de 10 días entre las primeras cuatro aplicaciones, lo que permite que el producto se degrade sin que ocurra acumulación en el perfil del suelo.

El cálculo del 85th percentil, indica que el 25% de los datos de las concentraciones calculadas del plaguicida, se encuentran por encima de 0.9 mg/Kg. Este valor está por encima de los Niveles de limpieza en el suelo, con criterios de protección del agua subterránea y superficial, establecidos por la EPA. De lo anterior se desprende que el metamidofos, usado para el cultivo de tomate, resulta ser una sustancia de preocupación en el área de estudio, por el riesgo que representa de contaminar el agua subterránea y las aguas superficiales.

Distribución del compuesto en los diferentes compartimentos del suelo

Los resultados del modelo indican que el compuesto particiona en el horizonte uno del suelo en los primeros 18 centímetros en concentraciones trazas, que disminuyen a medida que se profundiza en el perfil de suelo simulado (Ver tabla 37).

4.2.11 Caracterización del riesgo para Terbufos y Metamidofos

Terbufos

El coeficiente de riesgo para el terbufos, estimado a partir de las fórmulas utilizadas por la EPA para plaguicidas granulares, fue de 3,7; este valor se encuentra muy por encima de los Niveles de Preocupación establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (0,5).

De acuerdo a los resultados obtenidos el terbufos representa un riesgo agudo para las aves con hábitos alimenticios granívoros y omnívoros, especialmente la paloma común, lo que resulta en efectos perjudiciales inmediatos que requiere acciones de mitigación.

Metamidofos

De acuerdo a los resultados obtenidos en la etapa de caracterización del riesgo, la Concentración Ambiental Prevista de metamidofos en cultivo de tomate (0,9 mg/kg), representa un riesgo para aguas superficiales y subterráneas.

En el caso de cultivo de cebollas, la caracterización del riesgo indicó que el metamidofos no representa un riesgo para las aguas superficiales y subterráneas.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Existe una ruta de exposición potencialmente completa entre los plaguicidas estudiados y los receptores potenciales identificados en el área de estudio, definida por una fuente de exposición, mecanismos de transporte hacia los compartimentos ambientales, compartimentos ambientales metas, vías de exposición y receptores potenciales.
2. Las principales vías de exposición identificadas fueron: oral y dérmica.
3. Una de las principales causas de exposición a Terbufos y Metamidofos es la falta de medidas de protección para los aplicadores y la poca importancia que estos le dan a los períodos de reingreso a campos tratados.
4. En el área de estudio, se utiliza terbufos en cultivos de cebolla y tomate a pesar de que el compuesto no está registrado para este uso.
5. Las dosis de aplicación de Metamidofos, en cultivos de cebolla, exceden las dosis recomendadas por el fabricante.
6. Los receptores potenciales identificados en el área de estudio fueron personas que trabajan en las zonas de cultivo de arroz y hortalizas, las aves con hábitos alimenticios granívoros y omnívoros.
7. La concentración ambiental prevista de terbufos durante el estudio fue de 2,0 mg/pie².
8. Terbufos, en su presentación granular representa un riesgo agudo para aves, específicamente para la paloma común (*Columba livia*).
9. Las concentraciones ambientales previstas de metamidofos en los cultivos de cebolla y tomate fue de 2,47 E-09 y 0,9 mg/kg respectivamente.

10. Metamidofos usado en cultivos de cebolla y arroz no representa un riesgo para el ecosistema.
11. Metamidofos utilizado en cultivo de tomate, representa un riesgo agudo para agua subterránea y superficial en el ecosistema de la cuenca del Río Zanjón Negro.
12. Las dosis recomendadas para metamidofos y terbufos, normalmente se indican en kg/ha, sin embargo los aplicadores utilizan estas mismas dosis en kg/manzana. Lo anterior contribuye a que las dosis aplicadas excedan las dosis recomendadas por el fabricante.
13. Las mayores concentraciones de metamidofos, en la forma disuelta, adsorbida y en el aire del suelo, se encuentran en los primeros 4 centímetros del perfil simulado. Lo anterior indica que a medida que se profundiza en el perfil del suelo, las concentraciones del compuesto disminuyen.
14. Los resultados del estudio indican que existe la probabilidad de que ocurran efectos adversos sobre las aguas superficiales, subterráneas y sobre las aves residentes en el área de estudio, producto del uso de terbufos y metamidofos.
15. Los resultados del estudio indican que debe conducirse una Evaluación de Riesgo Ecológico a nivel II tanto para terbufos como para metamidofos.
16. El estudio fue conducido a un nivel I de la ERE, utilizando la metodología del Departamento de Protección del Ambiente de Australia que define cinco etapas básicas para todo el proceso.
17. Los criterios de toxicidad utilizados en el estudio son criterios estándares internacionales. No se desarrollaron criterios específicos del área de estudio debido a que esto no es uno de los objetivos del estudio.
18. El modelo PELMO, es de fácil aplicación y representa una herramienta de mucha importancia en la realización de Evaluaciones de Riesgo Ecológico.

5.2 Recomendaciones

1. Proponer la implementación de la metodología de Evaluación de Riesgo implementada en el presente documento al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales ya que cumple con todas las etapas necesarias para realizar una Evaluación de Riesgo exhaustiva. La información mínima requerida resulta de la definición clara de lo que se pretende alcanzar previa a la recolección de la información y de una buena planificación, coordinación y obtención de los datos de calidad durante el muestreo.
2. Las autoridades competentes deben validar el modelo PELMO, como herramienta fundamental en la implementación de ERE para la restricción o prohibición de plaguicidas en el país. La validación del modelo podrá ser efectiva sólo si se aplica a otros plaguicidas que se encuentren en uso en el país y bajo las condiciones ambientales reales del lugar donde se aplique.
3. Las Instituciones de Gobierno, Centros de Investigación y Universidades vinculadas al campo del Medio Ambiente en Nicaragua, deberían disponer de más recursos para la ejecución e implementación de Estudios de Evaluaciones de Riesgo para que los mismos sean realizados considerando el impacto que los plaguicidas distribuidos a nivel nacional causan en los compartimentos ambientales característicos de nuestro país y no solamente basados en estudios internacionales realizados en medios (suelos y aguas) muy diferentes a los nuestros .
4. Realizar estudios de toxicidad (LC_{50} y DL_{50}) ya que son muy pocos los que se disponen en las bases de datos. Estas pruebas no son muy caras y requieren de un período de tiempo corto para ejecutarlas. Se recomienda a las Instituciones competentes, recopilar y crear bases de datos con la información requerida por el modelo PELMO, como es la caracterización de los suelos a nivel nacional, identificación de receptores ecológicos (aves, mamíferos, peces etc.)

5. Elaborar e implementar programas de educación ambiental orientados a: informar sobre uso y manejo de plaguicidas y sustancias tóxicas, riesgos que representan éstos compuestos para el ambiente y la salud humana
6. Prohibir el uso de Metamidofos en Tomates, debido a que representa un riesgo para aguas superficiales y subterráneas.
7. Nicaragua es suscriptor del Convenio de Róterdam, con lo cual se compromete a eliminar gradualmente aquellos productos que representen un riesgo para la salud humana. Por lo anterior, se recomienda la prohibición de Terbufos, en su formulación granular, debido a que representa un riesgo agudo para las aves.
8. Diseñar e implementar una política de incentivos económicos en la gestión sustentable de los plaguicidas en el país, e.j multas a quienes utilicen el compuesto en productos no registrados. Para esto es necesario desarrollar sistemas de monitoreo y control.
9. Buscar alternativas de manejo integrado de plagas que sustituya el uso de los plaguicidas estudiados en la cuenca del Río Zanjón Negro.
10. Desarrollar una ERE Nivel II para terbufos y metamidofos en la Cuenca del Río Zanjón Negro, para cultivos de tomate.

CAPITULO 6: BIBLIOGRAFIA

- (1) Calabrese, Edgard; Baldwin Linda. (1993). *Performing Ecological Risk Assessments*. Lewis Publisher. USA. 257 pp.
- (2) CICOPLAFEST. (1998). *Catálogo Oficial de Plaguicidas*.
- (3) Comité Técnico de Reevaluación (CTR) de Nicaragua. CARP-PASA-DANIDA-MAGFOR (Septiembre 2003). *Evaluación Técnica Metamidofos. Recomendaciones Finales*. 36 pp.
- (4) Comité Técnico de Reevaluación (CTR) de Nicaragua. MINSA-MARENA-MAGFOR. (Octubre 2003). *Evaluación Técnica Terbufos. Recomendaciones Finales*. 22 pp.
- (5) CROPLIFE. *Una Visión Compartida*. <http://casafe.org/librouve/nicaragua.pdf>
- (6) Chapman, R. A.; Cole, C. M. (1982). *Observations on the Influence of Water and Soil pH on the persistence of insecticides*. 487-504 pp. USA.
- (7) DANIDA. (1998). *Pesticide Problems in Nicaragua and Guatemala, and Opportunities for their Reduction*. Un trabajo realizado para la Agencia Danesa de Cooperación para el Desarrollo (DANIDA).
- (8) Diario Oficial La Gaceta. (2004). *Resolución Ministerial No. 23-2004*. Managua, Nicaragua.
- (9) Douglas; et al. (1996). *Neotropical Birds, Ecology and Conservation*. Chicago, USA. 254 pp.
- (10) <http://www.mtas.es> (1995). *Normativa española transpuesta. Peligrosidad de productos químicos: etiquetados y fichas de datos de seguridad*.
- (11) <http://www.epa.gov/pesticidas>.

(12) <http://extoxnet.orst.edu/>

(13) <http://contansites.landcareresearch.co.nz>

(14) Howell, Steve; Webb Sophie. (1995). *A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America*. 850 pp.

(15) INAA. *Estudio de Pre-factibilidad. Estudios Básicos. Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Ciudad de Matagalpa*. Volumen I.

(16) Incer, Jaime. (2000). *Geografía Dinámica de Nicaragua*. Editorial Hispamer. Nicaragua. 279 pp.

(17) Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censo. (2001). *Censo Nacional*.

(18) Kearly; et al (1969). *Efectos Nocivos Provocados por el uso de Plaguicidas en la Fauna Silvestre de México y sus consecuencias Ecológicas*. USA.

(19) Klein, Dr. M. (1995). *Manual FOCUS PELMO*. 91 pp.

(20) Krieger, Robert. (2001). *Handbook of Pesticide Toxicology*. Academia Press. USA. II Edición. 912 pp.

(21) MacKay, Donald; Et al. (1997). *Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals*. Lewis Publisher. USA. 812 pp.

(22) MacKay Donald. (2001). *Multimedia Environmental Models. The Fugacy Approach*. Lewis Publisher. USA. 216 pp.

(23) Nieto, Oscar. (2001). *Fichas Técnicas de Plaguicidas a prohibir o restringir incluidos en el acuerdo No. 9 de XVI Reunión del sector Salud de Centro América y República Dominicana (RESSCAD)*. Costa Rica. 266 pp.

(24) RECNOPLAN, S.A.; TAHAL Consulting Engenieers, LTD. Proyecto Sébaco. *Diseño detallado. Etapa I y II.*

(25) Stiles & Skutch (1994). *Relación de la Morfometría de Aves con Gremios.* 33 pp. Colorado, USA.

(26) Torrigino, Adriana (2003). *Agroquímicos y salud.* 8pp

(27) ZAMORANO–PROMIPAP–COSUDE (2001). *Situación Actual de los Plaguicidas en Nicaragua.* 45pp

INDICE DE ANEXOS

ANEXO NO. 1: GALERÍA DE FOTOS.....	1
ANEXO NO. 2: MARCO LEGAL DE LOS PLAGUICIDAS EN NICARAGUA	2
ANEXO NO. 3: FORMATO DE LAS ENCUESTAS Y ENTREVISTAS.....	10
ANEXO NO. 4: DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELO.....	18
ANEXO NO. 5: RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE LOS PERFILES DE SUELO	29
ANEXO NO. 6: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	31
ANEXO NO. 7: ESCENARIOS DEL MODELO PELMO.....	33
ANEXO NO. 8: GRÁFICAS DE DISTRIBUCIÓN DEL METAMIDOFOS EN LOS CULTIVOS DE ARROZ, CEBOLLA Y TOMATE.....	38
ANEXO NO. 9: TABLA DE NIVELES DE LIMPIEZA	47

Anexo No. 1: Galería de fotos



Fotografía No. 1, Área de cultivo de hortalizas



Fotografía No. 2, Río Grande de Matagalpa



Fotografía No. 3, Centro de venta de plaguicidas en Sébaco, Matagalpa



Fotografía No. 4, Perfiles de Suelos



Fotografía No. 5, Recolección de especies acuáticas y toma de muestras de agua en el río Grande de Matagalpa.



Fotografía No. 6, Cultivo de hortalizas en Sébaco

Anexo No. 2: Marco Legal de los Plaguicidas en Nicaragua

En Nicaragua la legislación sobre plaguicidas era bastante obsoleta, constituyendo una debilidad en el manejo de sustancias químicas, no ajustándose a los requerimientos normativos y reguladores. Esta legislación se ve reforzada con la entrada en vigencia de la Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares, promulgada en la Gaceta No. 30, el 13 de febrero de 1998.

Para la discusión de este tema, se tomará como referencia el compendio de “Legislación sobre plaguicidas en Nicaragua”, este reúne las leyes, reglamentos, normativas y otros documentos legales relevantes al tema de plaguicidas publicados oficialmente en la República de Nicaragua en el período 1848-998.

Ley No. 290. Ley De Organización, Competencia y Procedimientos del Ejecutivo. (La Gaceta No. 102, 03/06/1998).

Esta Ley tiene como objetivo determinar la organización, competencia y procedimientos del poder ejecutivo.

En el capítulo III, en lo relativo a la organización y competencia ministerial, en el Arto. 22, dentro de las funciones del Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, se destaca el formular, proponer, dirigir y coordinar con el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales la planificación y uso de los recursos naturales. Formular políticas de fomento y producción del uso de recursos naturales incluyendo minas y canteras, tierras estatales y bosque, recursos pesqueros y las aguas, así como el otorgamiento y cancelación de licencias.

Dentro de las funciones del Ministerio Agropecuario y Forestal, en el Arto. 24, destaca la formulación de políticas, planes y estrategias de desarrollo agropecuario y forestal. Administrar y supervisar el Registro Nacional de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares.

En lo referente al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, está el controlar las actividades contaminantes y supervisar el registro nacional de sustancias físico químicas que afecten o dañen el medio ambiente (Arto. 28.)

Ley No. 274. Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y Otras Similares. (La Gaceta No. 30, 13/02/1998).

El objetivo de la ley es establecer las normas básicas para la regulación y control de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares, aplicándose a todas las actividades relacionadas con la exportación, importación, distribución, venta, uso y manejo, y la destrucción de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares.

Esta ley viene a llenar un gran vacío que existía en la parte legal relacionada a plaguicidas, toma en cuenta prácticamente todos los puntos, entre estos tenemos:

- Obligaciones para la comercialización y distribución de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares
- Destrucción de los plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares
- Regula los establecimientos que importan, exportan, comercializan y distribuyen plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares
- Define la autoridad de aplicación y las diferentes funciones a los ministerios involucrados
- Crea la Comisión Nacional de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares, como órgano de coordinación, asesoría y consulta
- Crea el Registro Nacional de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares
- Crea el Centro Nacional de Información y Documentación de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares.
- Determina las infracciones y sanciones a las violaciones de esta ley

Ley no. 291.Ley básica de salud animal y sanidad vegetal (La Gaceta, No. 136, 22/07/1998).

En el Arto. 1 se establece el objetivo de la presente ley, la cual persigue el establecimiento de disposiciones fundamentales para la protección de la salud y conservación de los animales, vegetales, sus productos y subproductos, contra la acción perjudicial de las plagas y enfermedades de importancia económica, salud humana, los recursos naturales, biodiversidad y del ambiente.

En el Arto. 5 de esta ley, se crea la “Dirección General de Protección y Sanidad Agropecuaria (DGPSA), con el fin de facilitar, normar y regular las políticas sanitarias y fitosanitarias que conlleven a la planificación, normación y coordinación de todas las actividades nacionales vinculadas a la sanidad agropecuaria, acuícola, pesquera, forestal y agroforestal. Dentro de las funciones de esta dirección está el establecer registro de productos de uso agropecuario, sean estos o no agroquímicos, veterinarios y alimentos para animales, así como el registro genealógico. En el caso de los agroquímicos se procederá de conformidad a lo establecido en la Ley No. 274, Ley Básica para la Regulación, y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares.

En el Título VI, capítulo único, Arto. 37, se crea el Registro y Control de los Insumos y Productos de Uso Agropecuario, Avícola, Pesquero, Forestal y Agroforestal, no contemplados en la Ley de Semillas y Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y otras similares, que estará bajo la responsabilidad de la Dirección General de Protección y Sanidad Agropecuaria.

Estatutos asociación de colegio de ingenieros agrónomos de Nicaragua (CIAN).

Esta asociación establece en el Capítulo Seis, Arto. 15 que las personas físicas o jurídicas que vendan, distribuyan, registren, trasvasen, o diluyan productos químicos de uso agrícola, así como las que importen productos formulados listos para ser usados, están obligados a contratar un profesional en Ciencias Agropecuarias en calidad de regente o de asesor técnico.

Decreto no 394. Ley disposiciones sanitarias (La Gaceta No. 200, 21/10/1988).

La presente ley tiene por objeto establecer las regulaciones necesarias para la organización y funcionamiento de las actividades higiénico sanitarias.

Este decreto hace referencia en el caso de actividades agropecuarias en las que las aguas residuales representen un daño a la salud humana, animal o del ecosistema, así como cualquier descarga o emisión de contaminantes atmosféricos en concentración o niveles no permisibles producto de la actividad agrícola (Arto. 7 y 15).

En el Arto. 33 el decreto establece que toda exportación e importación de plaguicidas y herbicidas y su comercialización debe ser autorizada por el Ministerio de Salud.

Ley No. 185. Código del trabajo de la republica de Nicaragua (La Gaceta no. 205, 30/10/1996).

Este código en lo relativo a la higiene y seguridad ocupacional establece obligaciones a los empleadores para establecer medidas preventivas para proteger la vida y salud de los trabajadores, brindando un acondicionamiento de las instalaciones y proveyendo el equipo de trabajo necesario. También, establece que el empleador debe fomentar la capacitación de los trabajadores en el uso de maquinaria y químicos y en los peligros que conlleva, así como en el manejo de los instrumentos y equipo de protección (Arto. 101).

Ley No. 217. Ley del medio ambiente y de los recursos naturales (La Gaceta no. 105, 06/06/1996).

Dentro de los objetivos de esta ley está la prevención, regulación y control de cualquiera de las causas que originen deterioro del medio ambiente y contaminación del ecosistema. Establece las formas para una explotación planificada de los recursos naturales, fomenta y estimula la educación ambiental, así como incentivos y beneficios económicos a quienes contribuyan a la protección y mejoramiento del ambiente.

Establece regulaciones para la fumigación aérea con agroquímicos, destino de aguas residuales y prohíbe el vertimiento directo de sustancias o desechos contaminantes en suelos, ríos, lagos, lagunas y cualquier otro curso de agua.

Ley No. 168. Ley que prohíbe el tráfico de desechos peligrosos y sustancias tóxicas (La Gaceta No 102, 02/06/1994).

Establece normas y disposiciones para prevenir la contaminación del medio ambiente y de esta manera proteger a la población ante cualquier tipo de contaminación producto del transporte, manipulación, almacenamiento y disposición final de desechos peligrosos.

Esta ley se ve reforzada por la firma del “Acuerdo Regional sobre movimiento transfronterizo de desechos peligrosos” firmado por los presidentes del área centroamericana en Diciembre de 1992.

Dentro de las categorías de desechos a controlar están los resultantes de la producción, preparación y utilización de bióxidos y productos fito-farmacéuticos, desechos de productos químicos para la preservación de la madera, desechos de disolventes orgánicos.

Ley del código penal de la república de Nicaragua, 1996.

El código penal contempla sanciones y multas a personas que envenenen, adulteren o suministren al público sustancias tóxicas sin advertencia expresa en el envoltorio que la contiene.

Ley No. 182. Ley de defensa de los consumidores (La Gaceta no. 213, 14/11/1994).

Protege a los consumidores al momento de realizar una transacción comercial, garantizándole un trato justo, amable y equitativo, de igual manera garantiza el derecho a la protección de salud y seguridad en el consumo de bienes y servicios. Todos los bienes y servicios que se oferten en el territorio nacional, deberán cumplir con las condiciones de cantidad y calidad, además no deben implicar riesgos para la salud a la seguridad de los consumidores.

Ley No. 219. Ley de normalización técnica y calidad (La Gaceta No. 123, 02/07/1996)

Esta ley pretende establecer una normalización técnica y una certificación de la calidad de los productos y servicios, fomentando el mejoramiento continuo de los procesos de producción, además establecer para la elaboración de normas técnicas un procedimiento uniforme, similar al usado internacionalmente, así como el establecimiento de laboratorios, creando para esto la Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad como organismo coordinador.

En el Arto. 6 expone normas técnicas de cumplimiento obligatorio a materiales, procesos, procedimientos, productos y servicios que puedan afectar la vida, la seguridad y la integridad de las personas o de otros organismos vivos, y de las relacionadas con la protección del medio ambiente, aplicando esto a productos y servicios procedentes del extranjero.

Decreto No. 33-95. Disposiciones para el control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales domesticas, industriales y agropecuarias. (La Gaceta, No. 118, 26/06/1995).

El objeto de este decreto es fijar los valores máximos permisibles o rangos de los vertidos líquidos generados por las actividades domésticas, industriales y agropecuarias que descargan a las redes de alcantarillado sanitario y cuerpos receptores (Arto. 1).

En el Arto. 6 se prohíbe la descarga de aguas residuales a las redes de alcantarillado sanitario cuando contengan cualquiera de los siguientes contaminantes:

- Hidrocarburo
- BCP (bifenil policlorados)
- Plaguicidas
- Compuestos tóxicos
- Desechos radioactivos
- Desechos químicos peligrosos
- Desechos industriales peligrosos
- Desechos patológicos peligrosos

En el Arto. 55 establece que las descargas de aguas residuales en forma directa o indirecta a cuerpos receptores provenientes de LAS INDUSTRIAS FORMULADORAS DE AGROQUIMICOS, deberán cumplir con los rangos y límites máximos permisibles.

Norma ministerial sobre las disposiciones mínimas de higiene y seguridad de los equipos de trabajo.

Esta Norma establece las disposiciones mínimas de higiene y seguridad del trabajo que deben aplicarse para utilizar los “Equipos y dispositivos de trabajo”. Toma en cuenta las condiciones de los equipos de trabajo mantenimiento y control de los equipos de trabajo, obligaciones de los trabajadores, disposiciones comunes para empleadores y trabajadores.

Norma ministerial sobre las disposiciones mínimas de higiene y seguridad de “los equipos de protección personal”.

Establece las disposiciones mínimas de higiene y seguridad del trabajo, para selección y utilización de los equipos de protección personal.

En el Arto. 3 indica que los equipos de protección personal deberán utilizarse en forma obligatoria y permanente cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse. Los equipos deberán proporcionar una protección personal adecuada y eficaz sin ocasionar riesgos adicionales.

Convenios sobre plaguicidas:

Decreto A. N. No. 13-73. De aprobación del acuerdo regional sobre movimiento transfronterizo de desechos peligrosos (La Gaceta No. 133, 16/07/1996).

Decreto No. 14-96. Ratificación del acuerdo regional sobre movimiento transfronterizo de desechos peligrosos (La Gaceta No. 140, 26/07/1 998).

Decreto No. 20-96. Adhesión al convenio de Basilea sobre el control de los movimientos trans-fronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (La Gaceta no. 206, 31/10/1996)

Decreto A. N. No. 16-01. De aprobación de adhesión al convenio de Basilea sobre el control de los movimientos trans-fronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (La Gaceta no. 38, 24/02/1 997)

Instrumento de adhesión al convenio de Basilea (La Gaceta no. 114, 18/06/1997)

Anexo No. 3: Formato de las encuestas y entrevistas

Entrevista a los productores

Datos Generales

Nombre del productor:

Edad:

¿Cuántos años tiene de vivir en la zona?

Número de miembros en la familia:

Datos de producción

Es socio o propietario de las tierras?

Si es socio, cuántos hay?

¿Cuántas personas trabajan para usted?

Viven cerca de la zona?

Cuántas manzanas de terreno tiene?

Qué tipo de cultivos tiene?

Hortalizas _____ Arroz _____ Otros _____

ARROZ

¿Cuántas cosechas al año?

¿En qué época del año inicia el ciclo de cultivo?

¿Aplica algún tipo de químicos para el control de plagas?

Que tipo de químicos aplica:

Terbufos _____ Metamidofos _____ Otros _____

¿En qué etapa del cultivo aplica el químicos?

¿Con qué frecuencia aplica químicos para controlar plagas:

¿Qué cantidad de químicos aplica por manzana de terreno cultivada?

¿Qué plaga controla con el químico empleado?

HORTALIZAS

Cuántas veces al año produce hortalizas:

Chiltoma _____ Cebolla _____ Tomate _____

Lechuga _____ remolacha _____ Repollo _____

Zanahorias _____ Otros _____

¿En qué época del año inicia el ciclo de cultivo?

Aplica algún tipo de químicos para el control de Plagas?

Que tipo de químicos aplica:

Terbufos _____ Metamidofos _____ Otros _____

En qué etapa del cultivo aplica el químico?

Con que frecuencia aplica químicos para controlar plagas?

Qué cantidad de químicos aplica por manzana de terreno cultivada?

Cuánto produce por cada ciclo de cultivo:

Arroz: _____ Hortalizas: _____ Otros: _____

¿Qué hace con la producción de hortalizas y arroz?

Si la vende especifique

Dónde vende la producción de hortalizas y arroz? _____

Deja para su consumo?

SI _____ NO _____

Que cantidad de hortalizas y arroz que deja para su consumo:

Arroz _____

Chiltoma _____

Cebolla _____

Tomate _____

Lechuga _____

Remolacha _____

Zanahorias: _____

Otros _____

¿Qué mercado le compra la producción?

¿Cuánto obtiene en divisas por cada cosecha de arroz y de hortalizas?

¿De dónde obtiene el agua para irrigar los cultivos?

Pozos_____ Río_____

¿Cuántos metros de distancia hay entre la fuente de agua y su cultivo?

¿Qué tipo de sistema emplea para regar los cultivos?

¿Que método utiliza para la aplicación de agroquímicos?

Aéreo____ Bomba_____ Otros_____

Usted prepara el plaguicida o sólo lo aplica?

¿Utiliza algún equipo de protección para preparar el plaguicida o para cuando lo va a aplicar?

SI

NO

Encuesta dirigida a la población

Nombre del encuestado:

Edad:

Número de miembros que componen la familia:

Adultos_____

Niños / as_____

Mujeres_____

Varones_____

Edades: _____

¿Cuánto tiempo tiene de vivir en la zona?

¿Dónde compra las hortalizas y el arroz que consume a diario?

¿Cuáles hortalizas compra? (Marque con una X)

Chiltoma	Tomate	Repollo
Cebolla	Lechuga	Zanahorias
Remolachas	Otros	

¿Cuántas libras de arroz consume por semana?

¿Cuánto consume de hortalizas en su casa?, Especificar:

Chiltoma _____
Cebolla _____
Remolachas _____
Tomate _____
Lechuga _____
Repollo _____
Zanahorias _____
Otros _____

¿Lava las hortalizas antes de cocinarlas?

SI _____ NO _____

¿Con qué frecuencia prepara ensaladas en su casa?

El agua que consume procede de:

Ríos _____ Pozos _____ Otros _____

Encuesta dirigida a los productores de hortalizas

Nombre del encuestado: _____

Nombre de la propiedad: _____

Tamaño de la propiedad: _____

Tipo de cultivo: _____

Variedad del cultivo: _____

Duración del ciclo de cultivo: _____

Cuál es la Fecha de siembra: _____

Si hace trasplante, cuál es la fecha del trasplante?

Fecha de emergencia de la planta: _____

Fecha de madurez: _____

Fecha de cosecha: _____

Si hace labranza, especificar el tipo de labranza:

Manual _____ mecanizada _____

Distancia de siembra entre plantas _____

Distancia entre filas _____

Ancho del camellón _____

Aplica agroquímicos? SI _____ NO _____

Si aplica, especificar el tipo de agroquímico _____

Cuándo hace la primera aplicación de agroquímico? _____

Cuál es la frecuencia de aplicación del agroquímico? _____

Cuándo y cuál es la fecha en que deja de aplicar el agroquímico? _____

Encuesta dirigida a los productores de arroz

Nombre del encuestado: _____

Nombre de la propiedad: _____

Tamaño de la propiedad: _____

Tipo de cultivo: _____

Variedad del arroz que siembra: _____

Duración del ciclo de cultivo: _____

Cuál es la Fecha de siembra: _____

Fecha de emergencia de la planta: _____

Fecha de madurez y cosecha: _____

Si hace labranza, especificar el tipo de labranza:

Manual _____ mecanizada _____

Distancia de siembra entre plantas _____

Distancia entre filas _____

Ancho del camellón _____

Aplica agroquímicos? SI _____ NO _____

Si aplica, especificar el tipo de agroquímico _____

Cuándo hace la primera aplicación de agroquímico? _____

Cuál es la frecuencia de aplicación del agroquímico? _____

Cuándo y cuál es la fecha en que deja de aplicar el agroquímico? _____

Anexo No. 4: Descripción de Perfiles de Suelo

No. de Perfil: #1 (Punto 5)
Coordenadas: N 12.84670; W 086.09060
Finca: Carlos Miranda
Fecha: Junio 1, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	7,7	1,05	0,05	28,22	79	25	20	55	Franco Arcillo Arenoso
50	7,9	1,42	0,07	29	58	27,5	37,5	35	Franco
100	7,9	0,36	0,01	32,36	63	25	32,5	42,5	Franco

HORIZONTES	DESCRIPCION
1 I 1,2,3 Sedimentos depositados en varios tejidos	1. Espesor: 0-27 cm Color: 2,5 YR3/2, Bloque sub-angular grueso moderado a bloque medio moderado. Suelo arcilloso / arcillo arenoso muy fino. Moderada cantidad de raíces finas. Poros muy finos. Moderada cantidad de poros finos y pocos poros medios. Límite: Abrupto y uniforme
2 II	2. Espesor de 27 – 34 cm. Este se omite por ser muy delgado (7 cm) Nota: Es más oscuro que el horizonte superior ya descrito anteriormente. Pocas raíces finas.
3 III	3. Espesor de 34 - 47 cm Color: 2,5YR3/3, estructura prismática, prisma medio moderado a fuerte. Suelos arcillosos con poca cantidad de raíces. Poros finos moderados, pocos poros medios y poros gruesos medios Límite: Abrupto y uniforme
4 III A Mólico	4. espesor de 47 – 73 cm Color: 5YR2, 5/1. Bloques sub-angulares medios moderados a fuertes Suelo arcillo limoso. Muy poca cantidad de raíces. Abundantes poros finos, moderada cantidad de poros medios, muy abundantes poros finos, poros gruesos no se observan.

HORIZONTES	DESCRIPCION
	Límite: Claro y uniforme Nota: se observan vidrios volcánicos.
5 III B Cámbrico Clasificación tentativa: TIPIC HAPLUSTOL Alta fertilidad, bien manejables, capacidad de intercambio	5. Espesor de 73 – 112 cm Color 7.5 YR 2,5/2 <i>Bloques sub-angulares débiles medios. Abundancia de vidrios volcánicos. Suelo franco arcilloso a franco arcilloso areno muy tentativa: fino. Muy poca cantidad de raíces. Poros finos muy abundantes, muy abundantes muy finos y pocos poros medios.</i> No tiene límite
El relieve es una planicie aluvial, pendiente de 0 – 2 %. Porcentaje de 20 a 30 % de gravas color rojo con tamaños menores a 7 cm. Uso: Maíz en muy buenas condiciones y tomate	

No. de Perfil: #2 (Punto 8)
Coordenadas: N 12.84723; W 086.08919
Finca: Alberto Velásquez
Fecha: Junio 1, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	7,2	0,79	0,03	24,3	92	25	22,5	52,5	Franco Arcilloso Arenoso
50	7,4	1,68	0,08	25,6	110	32,5	42,5	25	Franco arcilloso
100	7,3	1,1	0,05	30,56	124	30	40	30	Franco arcilloso

HORIZONTES	DESCRIPCION
1 I	<p>1. Espesor: 0 – 28</p> <p>Color: 10YR3/2</p> <p>Estructura: Bloques angulares gruesos, medios moderado a débil.</p> <p>Textura: Arcillo arenosos muy fino, consistencia firme en húmedo y plástica y adherente en mojado.</p> <p>Moderadas cantidades de raíces finas y medias. Abundantes poros muy finos, moderados poros finos, pocos poros medios.</p> <p>Límite: abrupto y uniforme</p>
II A _b Mólico	<p>2. Espesor: 28 –84 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/2</p> <p>Estructura: bloques sub-angulares gruesos y medio moderados, consistencia en húmedo viables.</p> <p>Textura: Arcillo limoso. La consistencia en mojado es plástico y adherente, hay pocas raíces finas. Poros finos abundantes, pocos poros medios.</p> <p>Límite: Abrupto, claro y uniforme</p>
II BW _b	<p>3. 84 – 124 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/1,5</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares gruesos y medios, moderados a fuertes.</p> <p>Abundantes poros finos y pocos medios. Raíces finas en muy poca cantidad.</p> <p>Textura: Consistencia húmeda viable. Suelo arcillo limoso, plástico y adherente</p> <p>Observaciones: Se observan vidrios volcánicos en todo el perfil</p>
Suelo entre Typic Udic Haplustol	

No. de Perfil: #3 (Punto 21)

Coordenadas: N 12.84750; W 086.09062

Finca: Carlos Miranda

Fecha: Junio 1, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	8,1	1,84	0,09	38,96	81	22,5	40	37,5	Franco
50	7,6	1	0,05	37,42	62	32,5	37,5	30	Franco arcilloso
100	7,8	2,37	0,11	38,16	53	32,5	40	27,5	Franco arcilloso

HORIZONTES	DESCRIPCION
Bt₁ / Bt_{1A}	<p>Espesor: 0 – 35 cm</p> <p>Color: 7.5 YR 2,5/2, Moteado de un color 10 YR 4/8</p> <p>Estructura: Bloques sub angulares medio a moderado</p> <p>Textura: arcilloso, plástico y adherente, firme en húmedo. Moderada cantidad de raíces finas y pocas medias. Abundantes poros finos y pocos medios</p> <p>Limite: Abrupto y uniforme</p>
Bt₂	<p>Espesor: 35 – 69 cm</p> <p>Color: 5 YR ¾, concreciones pequeñas del mismo color del primer horizonte.</p> <p>Estructura: Prismática, media fuerte</p> <p>Textura: Arcillosa con abundante grava roja de 20–30 %. Abundantes poros finos y pocos moderados medios. Pocas raíces finas</p> <p>Limite: Abrupto y uniforme</p>
II A_b (Mólico)	<p>Espesor: 69 –94 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/2</p> <p>Estructura: Bloques sub angulares medio fino moderado a fuerte, consistencia friable</p> <p>Textura: Arcillo limosa</p>

HORIZONTES	DESCRIPCION
	Abundantes poros finos, moderada cantidad de poros medios, pocos poros gruesos
Clasificación tentativa: Udic Haplustol	
Relieve: Pendiente 0 – 2 %, maíz en buen estado, planicie aluvial	

No. de Perfil: #4 (Punto 4)

Coordenadas: N 12.84668; W 086.09140

Finca: Carlos Miranda

Fecha: Junio 1, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	7,7	0,84	0,04	24,56	74	20	17,5	62,5	Franco arenoso
50	7,7	1,31	0,06	28,62	67	22,5	50	27,5	Franco
100	8,4	0,47	0,02	14,78	75	22,5	60	17,5	Franco limoso

HORIZONTES	DESCRIPCION
I Sedimento	<p>Espesor: 0 – 37 cm</p> <p>Color: 10 YR 3/2</p> <p>Estructura: bloques sub-angulares medio y fino moderado a fuerte. Abundantes poros finos, moderados medios, no hay gruesos.</p> <p>Textura: arcillo arenosa muy fina, pocas raíces finas</p> <p>Límite; Abrupto y uniforme</p>
II A_b Mólico	<p>Espesor: 37 – 75 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/1</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares gruesos medios y finos, moderado a débil.</p> <p>Textura: Abundantes poros finos, moderados poros medios, pocos poros gruesos.</p> <p>Arcillo limoso, pocas raíces finas.</p> <p>Límite: Abrupto y uniforme</p>

HORIZONTES	DESCRIPCION
	Concreciones del color 10 YR 4/8
II BW	<p>Espesor: 75 – 85 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/1,5</p> <p>Estructura: De masiva a blocoso sub-angular medio fino moderado. Abundante cantidad de poros finos, moderada cantidad de poros medios, muy pocas raíces finas.</p> <p>Textura: Franco limoso a limoso</p> <p>Límite: Claro y uniforme</p>
II C	<p>Espesor: 85 – 100 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/2</p> <p>Estructura: Masiva a blocosa angular</p> <p>Textura: Abundante cantidad de poros finos, no se observan poros medios. Limoso</p> <p>Limite: Abrupto y uniforme</p> <p>Nota: Suelo de abajo es rojo, ausencia de raíces</p>
<p>Clasificación tentativa: Udic Haplustol</p> <p>Relieve: Pendiente de 0 – 2 %, maíz en buen estado</p>	

No. de Perfil: #5 (Punto 2)

Coordenadas: N 12.84755; W 086.09678

Finca: Martín Díaz

Fecha: Junio 1, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	7,7	1,47	0,07	28,38	91	27,5	30	42,5	Franco
50	7	2	01	29,4	152	15	42,5	42,5	Franco
100	8,1	0,68	0,03	14,78	27	7,5	20	72,5	Franco arenoso

HORIZONTES	DESCRIPCION
I A	<p>Espesor: 0 – 20 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/2</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares gruesos, medios y fino moderado.</p> <p>Consistencia en húmedo fiable, plástico y adherente</p> <p>Textura: Poros finos con pocas raíces finas. Arcillo arenoso muy fino</p> <p>Límite: claro y uniforme</p>
I BW	<p>Espesor: de 20 – 40 cm</p> <p>Color: 10 YR 2,5 /2</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares medio finos débiles</p> <p>Textura: Poros finos pequeños sin raíces. Arcillo arenosa muy fina</p> <p>Límite: Claro y uniforme</p>
I C/D	<p>Espesor: 40 – 59 cm</p> <p>Color: 10 YR 3/2</p> <p>Estructura: Masiva</p> <p>Textura: Poros pequeños finos, ausencia de raíces. Arena fina o muy fina</p> <p>Limite: Abrupto y uniforme</p>
II BW	<p>Espesor: 59 – 100 cm</p> <p>Color: 7.5 YR 2,5/2</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares gruesos, medio fino moderado a débil</p> <p>Textura: Poros pequeños finos, moderada cantidad medio fino, ausencia de raíces. Franco arcilloso arenoso fino</p> <p>Limite: No tiene límite</p>
<p>Clasificación: Fluventic Haplustol</p> <p>Relieve: Plano, pendiente de 0 – 2 %. Cultivo: Cebollas</p>	

No. de Perfil: #6

Coordenadas: N 12.90148; W 086.10731

Finca:

Fecha: Julio 20, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	8.3	1,18		64,06	312	62,5	15	22,5	Arcilloso
50	8.6	1,98		70,5	383	55	7,5	37,5	Arcilloso
100	8.6	1,51		67,14	478	52,5	5	42,5	Arcilloso

HORIZONTES	DESCRIPCION
A ₁	<p>Espesor: 0 – 30 cm</p> <p>Color: 2.5 Y / 2.2/1; Negro</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares gruesos que rompen a medio finos</p> <p>Textura: Arcillosa, se incrementa con la profundidad</p> <p>Limite: Claro y uniforme</p>
A ₂	<p>Espesor: 30 – 57 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/1, Negro</p> <p>Bloque sub-angular mediano</p> <p>Textura: Arcillosa</p> <p>Limite: Claro y uniforme</p>
A ₃	<p>Espesor: 57 – 122 y más</p> <p>Color: 10 YR 2/1</p> <p>Textura: Arcillosa</p> <p>Limite: No visible</p> <p>El suelo presenta caras de deslizamiento, prisma grueso que rompe a bloque sub-angular grueso</p>
<p>El terreno presenta una pendiente de 0 a 2% (Pendiente A)</p> <p>Uso: Arroz de inundación</p> <p>Relieve plano</p> <p>Reacción moderada al ácido HCL a una profundidad de 93 cm</p> <p>Clasificación tentativa: Tipic Pelluster</p>	

No. de Perfil: #7

Coordenadas: N 12.90297, W 086.09602

Fecha: Julio 20, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	7,5	4,22		44,24	118	27,5	35	37,5	Franco
50	7,6	1,34		48,8	75,6	30	15	55	Franco arcillo arenoso
100	7,7	1,1		44,58	51	15	7,5	77,5	Franco arenoso

HORIZONTES	DESCRIPCION
A	<p>Espesor: 0 – 30 cm</p> <p>Color: 7.5 YR 2.5/1 (Negro)</p> <p>Estructura: Bloques sub-angulares medios y finos moderados</p> <p>Textura: Arcilla friable (muy suave), grietas muy finas en la superficie</p> <p>Abundantes poros finos, moderada cantidad de poros medios</p> <p>Poca cantidad de raíces finas</p> <p>Consistencia en seco suave</p> <p>Límite abrupto y uniforme</p>
B ₂	<p>Espesor: 30 – 50 cm</p> <p>Color: 7.5 YR 3/3 (Pardo oscuro)</p> <p>Estructura: Prisma finos moderados a fuertes</p> <p>Textura: Arcillo arenosa, abundante cantidad de poros finos y pocos medios, películas delgadas de arcilla en los poros</p> <p>Muy pocas raíces finas</p> <p>Límite: Abrupto y uniforme</p>
B ₂	<p>Espesor: 50- 77 cm</p> <p>Color: 7.5 YR 2.5/2 (Pardo muy oscuro)</p> <p>Estructura: Prisma fino que rompe a bloque sub-angular medios y finos moderados a fuertes con pocas películas de arcilla</p> <p>Textura: Arcillosa arenosa</p>

HORIZONTES	DESCRIPCION
	Abundantes poros finos poca cantidad de poros medios Poca cantidad de raíces finas Límite abrupto y uniforme
C	Espesor: 77 – 104 cm Color: 5 YR 2.5/2 (Pardo rojizo) Estructura: masiva Textura: Franco arcillosa arenosa a franco arenosa Abundantes poros finos de moderados a medios Poquísima cantidad de raíces finas
El B argílico no es tan claro, parece un B argílico insipiente Clasificación tentativa: Tipic Argiustoll	

No. de Perfil: #8

Coordenadas: N 12.86847, W 086.13517

Finca: Alejandro Gonzáles

Fecha: Julio 20, 2002

Profundidad de la muestra (cm)	Resultados de laboratorio								
	pH	M.O	N	CIC	CE (mS/cm)	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural
0	7,4	2,08		41,92	202	40	37,5	22,5	Arcilloso
50	8,5	1,05		41,6	156	45	30	25	Arcilloso
100	8,3	1,1		36,44	312	47,5	25	27,5	Arcilloso

HORIZONTES	DESCRIPCION
A ₁	<p>Espesor: 0 – 38 cm</p> <p>Color: 10 YR 2,5/2 (Pardo muy oscuro)</p> <p>Estructura: Bloque sub-angulares gruesos y medios fuertes</p> <p>Textura: Arcilla pesada y dura</p> <p>Abundante cantidad de raíces</p> <p>Poros finos</p> <p>Limite: Claro y uniforme</p>
A ₂	<p>Espesor: 38 – 58 cm</p> <p>Color: 10 YR 2,5/2 (Pardo muy oscuro / pardo grisáceo oscuro)</p> <p>Estructura: Bloque sub-angulares gruesos y medios fuertes</p> <p>Textura: Arcilla pesada</p> <p>Poca cantidad de raíces</p> <p>Limite: Claro y uniforme</p>
A ₃	<p>Espesor: 58 – 80 cm</p> <p>Color: 10 YR 3/3, Beteado de blanco, reacciona al HCL</p> <p>Estructura: Bloque sub-angulares medios fuertes</p> <p>Textura: Arcillosa (menos que el horizonte anterior)</p> <p>Horizonte canoso</p> <p>Poca cantidad de raíces</p> <p>Limite: Abrupto y uniforme</p>
A ₄	<p>Espesor: 80 – 107 cm</p> <p>Color: 10 YR 2/2, Beteado de blanco de carbonato de calcio</p> <p>Estructura: Bloque sub-angulares gruesos que desbaratan a finos</p> <p>Textura: Arcillosa</p> <p>Abundantes poros finos y algunos medios</p>
<p>Clasificación tentativa: Cromic Pelluster o Tipic Pelluster</p> <p>Pendiente: 0 – 2 %. Arroz de inundación</p>	

Anexo No. 5: Resumen de los parámetros de los Perfiles de Suelo

Perfil	Tipo de suelo	pH	MO (%)	Capacidad Intercambio Catiónico (meq/100 g s.)	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Punto Marchites Planta (%)	Capacidad Campo (%)	Saturación (%)	Agua Disponible (pulg/pie)	C.H.S (pulg/h)	D (lb/pc)
			0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10						
1	Franco arcillo arenoso	7,7	1,05	28,22	0,1	55	25	20	15,2	26,6	47,6	0,11	0,53	1,34
2	Franco arcillo arenoso	7,2	0,79	24,3	0,1	52,5	25	22,5	15	26,2	47,2	0,11	0,46	1,35
3	Franco	8,1	1,84	38,96	0,1	37,5	22,5	40	14,5	31,6	50,3	0,17	1,63	1,27
4	Franco arenoso	7,7	0,84	24,56	0,1	62,5	20	17,5	13,1	23,2	45,3	0,1	0,72	1,4
5	Franco	7,1	1,47	28,38	0,1	42,5	27,5	30	16,6	31,4	50,3	0,15	0,75	1,27
6	Arcilloso	8,3	1,18	64,06	0,3	22,5	62,5	15	34,6	48,9	55	0,14	0,25	1,15
7	Franco	7,5	4,22	44,24	0,1	37,5	27,5	35	18	41,8	56,1	0,24	5,15	1,12
8	Arcilloso	7,4	2,08	41,92	0,2	22,5	40	37,5	22,9	42,5	54,6	0,2	0,81	1,16
1	Franco	7,9	1,42	29	0,1	35	27,5	37,5	16,3	32,4	50,6	0,16	0,77	1,27
2	Franco arcilloso	7,4	1,68	25,6	0,1	25	32,5	42,5	18,8	37,4	52,7	0,19	0,83	1,21
3	Franco arcilloso	7,6	1	37,42	0,1	30	32,5	37,5	18,5	33,9	50,9	0,15	0,4	1,26
4	Franco	7,7	1,31	28,62	0,1	27,5	22,5	50	13,9	31,5	49,8	0,18	1,24	1,29
5	Franco	7	2	29,4	0,2	42,5	15	42,5	11,9	29,5	48,4	0,18	4,22	1,32
6	Arcilloso	8,6	1,98	70,5	0,4	37,5	55	7,5	30,3	45	53	0,15	0,14	1,2
7	Franco arcillo arenoso	7,6	1,34	48,8	0,1	55	30	15	17,6	29,3	49,3	0,12	0,44	1,3
8	Arcilloso	8,5	1,05	41,6	1,6	25	45	30	25,7	40,9	51	0,15	0,1	1,25
1	Franco	7,9	0,36	32,36	0,1	42,5	25	32,5	14,5	26,4	44,5	0,12	0,13	1,42
2	Franco arcilloso	7,3	1,1	30,56	0,1	30	30	40	17,1	33	48,4	0,16	0,21	1,32
3	Franco arcilloso	7,8	2,37	38,16	0,1	27,5	32,5	40	19,2	39,4	51,9	0,2	0,6	1,23

Perfil	Tipo de suelo	pH	MO (%)	Capacidad Intercambio Catiónico (meq/100 g s.)	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Punto Marchites Planta (%)	Capacidad Campo (%)	Saturación (%)	Agua Disponible (pulg/pie)	C.H.S (pulg/h)	D (lb/pc)
4	Franco Limoso	8,4	0,47	14,78	0,1	17,5	22,5	60	13,2	30	46,2	0,17	0,22	1,38
5	Franco arenoso	8,1	0,68	14,78	0,0	72,5	7,5	20	7,9	17,7	36,5	0,1	1,87	1,63
6	Arcilloso	8,6	1,51	67,14	0,5	42,5	52,5	5	28,8	41,2	51,4	0,12	0,08	1,24
7	Franco arenoso	7,7	1,1	44,58	0,1	77,5	15	7,5	11,4	20,6	41	0,09	0,9	1,51
8	Arcilloso	8,3	1,1	36,44	0,3	27,5	47,5	25	27,1	41,7	51,1	0,15	0,08	1,25

Rangos óptimos		
Textura	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchites de la planta
Arenoso	5 - 15	3 - 8
Franco Arenosos	10 - 20	6 - 12
Franco	15 - 30	8 - 17
Franco arcilloso	25 - 35	13 - 20
Arcilla	30 - 70	17 - 40

Anexo No. 6: Resultados de análisis de Laboratorio

No.	Identificación	pH			Materia Orgánica (%)			Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g s.)			Conductividad Eléctrica (mS/cm)		
		0-10	50-60	90-100	0-10	50-60	90-100	0-10	50-60	90-100	0-10	50-60	90-100
1	Martín Díaz	6	7		1.1	0.68		28.04	36		133	306	
2	Martín Díaz	7.1	7	8.1	1.47	2	0.68	28.38	29.4	14.78	91	152	27
3	Martín Díaz	6.7	7		0.89	1.26		27.38	33.38		105	135	
4	Carlos Miranda	7.7	7.7	8.4	0.84	1.31	0.47	24.56	28.62	14.78	74	67	75
5	Carlos Miranda	7.7	7.9	7.9	1.05	1.42	0.36	28.22	29	32.36	79	58	63
6	Carlos Miranda	7.5	7.5		0.84	1.95		34.7	32.9			67	
7	Alberto Velásquez	7.1	6.9		1.26	1.1		25.68	29.79		85		
8	Alberto Velásquez	7.2	7.4	7.3	0.79	1.68	1.1	24.3	25.6	30.56	92	110	124
9	Alberto Velásquez	7.1	7.5		1.63	1.31		34.32	27.68		80	116	
10	Chagüitillo	7	7.5		2.89	0.89		32.4	36.78		75	34	
11	Chagüitillo	6.7	7		3.48	1.68		33.72	31.52			73	
12	Chagüitillo	7	7.7		2.95	1.26		37.92	41.3		115	186	
13	Chagüitillo	6.7	7.5		3.27	2.7		39.54	46.64			47	
14	Agustín	7.5	7.7		1.05	1.21		36.36	38.04		53	80	
15	Agustín	7.4	7.7		1.95	1.89		32.8	35.66		151	109	
16	Agustín	7.1	7.3		1.95	2.21		32.7	32.78		72	129	
17	Manolo	7.2	6.8		2.63	1.84		35.94	42.02		109		
18	Manolo	7.3	7.6		1.47	1.31		41.5	44.76		69		
19	Manolo	6.9	6.9		3.05	2.21		37.52	43.14			111	
20	Manolo	7.1	7		2.21	2.79		32.8	35.36		174	116	
21	Carlos Miranda	8.1	7.6	7.8	1.84	1.0	2.37	38.96	37.42	38.16	81	62	53
22	Isidro Dávila	7.1	8.5		3.75	1.24		37.62	43.92		136	262	
23	Isidro Dávila	7.2	7.5		1.87	0.94		38.74	38.48		195	89.3	
24	Wenceslao Dávila	7.4	8.7		1.15	1.29		36.24	47.42		214	369	
25	Wenceslao Dávila	6.6	8.3		3.75	1		39.24	51.42			818	
26	Jerónimo Gonzáles	7.5	7.6		1.17	0.05		36.02	34.48		107	101	
27	Jerónimo Gonzáles	7.3	7.5		3.6	1.32		43.1	42.66		154	209	
28	Jerónimo Gonzáles	6.8	8.2		1.77	0.68		32.2	40.48		131	191	

No.	Identificación	pH			Materia Orgánica (%)			Capacidad de Intercambio Cationico (meq/100 g s.)			Conductividad Eléctrica (mS/cm)		
		0-10	50-60	90-100	0-10	50-60	90-100	0-10	50-60	90-100	0-10	50-60	90-100
29	Jerónimo Gonzáles	5.8	7		2.77	2.35		47.2	44.96			151	
30	Coop. Fco. Lacayo	7.9	7.5		1	0.1		45.4	44.62		172	114	
31	Coop. Fco. Lacayo	7.7	8		3.75	1.43		38.8	43.36		216	242	
32	Coop. Fco. Lacayo	7	7.3		3.86	1.96		50.86	47.44		260	178	
33	Mau-Chen-Lin	6.6	7.4		4.2	1.63		64.8	65.75		264	119	
34	Mau-Chen-Lin	7.5	7.7		2.65	0.94		46.16	49.71		176	203	
35	Mau-Chen-Lin	7.8	7.9		3.01	1.17		53.64	50.36		367	315	
36	Mau-Chen-Lin	8	8.4		2.18	3.17		64.36	70.54		930	338	
37	Aeródromo	7.7	7.8		2.24	1.81		47.74	61		199	488	
38	Aeródromo	6	8.2		2.65	1.46		36.4	39.82			128	
39	Arroz-18	6.9	8		3.48	1.63		40.84	42.12			163	
40	Arroz-19	6.9	8.6		2.75	0.67		39.04	48.16			249	
41	Arroz-20	7.6	7.8		2.31	0.79		52.78	64.82		177	97.7	
42	Arroz-21	7.3	8.6		1.87	1.32		53.02	53.78		113	217	
43	Arroz-22	7.5	7.6	7.7	4.22	1.34	1.1	44.24	48.8	44.58	118	75.6	51
44	Arroz-23	7.7	7.9		8.1	1.51		68.3	68.58		147	162	
45	Arroz-24	8	8.4		2.39	1.27		65.4	69.82		230	245	
46	Arroz-25	7.6	8.3		2.22	1.39		65.72	68.78		486	289	
47	Arroz-26	8.3	8.9		2.86	0.93		34.64	46.16		322	405	
48	Arroz-27	8.2	7.9		2.56	0.79		41.88	44.74		218	132	
49	Arroz-28	7	7.9		3.1	1.63		49.78	55.76		103	141	
50	Arroz-29	7.4	8.4		4.08	1.87		57.52	60.48		217	211	
51	Arroz-30	7.4	8.2		2.49	1.63		54.82	63.38		219	245	
52	Arroz-31	7.2	8.2		2.18	1.46		44.12	49.7		84	142	
53	Arroz-32	7.6	8.3		1.39	1.32		42.36	59		290	245	
54	Arroz-33	7.5	8.5		2.68	1.27		46.4	44.68		786	247	
55	Arroz-34	8.3	8.6	8.6	1.18	1.98	1.51	64.06	70.5	67.14	312	383	478
56	Arroz-35	7.4	8.5	8.3	2.08	1.05	1.1	41.92	41.6	36.44	202	1566	312

Anexo No. 7: Escenarios del modelo PELMO

Escenario Plaguicidas (PSM)

DATOS DEL PLAGUICIDA		
Parámetro	Terbufos	Metamidofos
DATOS DE APLICACION		
Tipo de aplicación	Suelo	A la planta
Frecuencia de aplicación	Anual	Anual
Factor de absorción de la planta	0,57	2,2
DATOS DE VOLATILIZACION		
Presión de vapor (Pa)	0.0346	2,30 x E-02
Solubilidad en agua (mg/L)	5	200000
Coefficiente de difusión en el aire (CM ² /S)	5,01 x 10 ⁻²	5,50 X 10 ⁻²
Profundidad de volatilización (CM)	0,1	50
DATOS DE SORPCION		
Coefficiente de partición carbono orgánico –agua (ml/g)	3,15	0,9
Exponente de Freundlich (adimensional)	0,96	0,64
pH del suelo durante el estudio	7,9	5,8
Constante de disociación – pKa (adimensional)	0	0
Limite de Freundlich (μ/L)	0,01	0,029
Incremento anual (%)	0	0
METABOLITOS		
DT 50	T → CO ₂ : 6 d T → A1: 38 d T → B1: 9 d A1 → A2: 150d B1 → B2: 210d	M → A1: 0.6 d

Datos de aplicación del plaguicida

Numero de aplicación	Día	Mes	Año	Tasa de aplicación (Kg/ha)	Profundidad de aplicación (cm)
TERBUFOS – CEBOLLA					
Apl. #1	1	2	1	6,34	20
Apl. #2	1	8	1	6,34	20
TERBUFOS - TOMATE					
Apl. #1	1	3	1	6,34	20
Apl. #2	1	10	1	6,34	20
METAMIDOFOS - CEBOLLA					
Apl. #1	30	04	1	2,6	0,00
Apl. #2	10	05	1	2,6	0,00
Apl. #3	20	05	1	2,6	0,00
Apl. #4	30	05	1	2,6	0,00
Apl. #5	4	06	1	2,6	0,00
Apl. #6	9	06	1	2,6	0,00
Apl. #7	1	11	1	2,6	0,00
Apl. #8	15	11	1	2,6	0,00
Apl. #9	1	12	1	2,6	0,00
Apl. #10	10	12	1	2,6	0,00
METAMIDOFOS - TOMATE					
Apl. #1	16	04	1	0,75	0,00
Apl. #2	26	04	1	0,75	0,00
Apl. #3	6	05	1	0,75	0,00
Apl. #4	16	05	1	0,75	0,00
Apl. #5	1	11	1	0,75	0,00
Apl. #6	4	11	1	0,75	0,00
Apl. #7	8	11	1	0,75	0,00
Apl. #8	20	11	1	0,75	0,00

Numero de aplicación	Día	Mes	Año	Tasa de aplicación (Kg/ha)	Profundidad de aplicación (cm)
Apl. #9	1	12	1	0,75	0,00
Apl. #10	20	12	1	0,75	0,00
METAMIDOFOS - ARROZ					
Apl. #1	31	03	1	3,92	0,00
Apl. #2	10	04	1	3,92	0,00
Apl. #3	5	10	1	3,92	0,00
Apl. #4	15	10	1	3,92	0,00

Escenarios de Cultivos (SZE)

Parámetro	Terbufos	Metamidofos
DATOS GENERALES		
Latitud geográfica	14	14
Factor de derretimiento	1	1
EVAPOTRANSPIRACION		
Mínima profundidad de evado-transpiración (CM)	30	30
Factor de evado-transpiración de pana	1	1
EROSION (ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELOS – USLE)		
	MOLISOLES	VERTISOLES
Erodabilidad del suelo	0,33	0,22
Pendiente	2	1
Manejo	0,125	0,1
Área (ha)	86	2489
Duración de un evento de lluvia (horas)	1	1
ESCORRENTIA		
Profundidad de escorrentía (CM)	20	20
SUELOS		
	MOLISOLES	VERTISOLES
Profundidad del perfil (CM)	100	122
Número de capas	10	10
Espesor de capa (CM)	10	12,2
Número de horizontes	3	3

Parámetros de cultivos

Cultivo	Emergencia			Madurez			Cosecha			Máxima Prof. raíz (cm)	Máxima intercepción (cm)	Máxima cobertura de área (%)	Máxima masa seca (Kg/m ²)	Condiciones después de la cosecha	No. de curva		
	D	M	A	D	M	A	D	M	A						C1	C2	C3
Cebolla	06	03	1	30	06	1	15	07	1	60	0	80	1	Barbecho	64	81	92
Tomate	27	03	1	1	07	1	5	07	1	100	0	50	1	Barbecho	64	81	92
Arroz	3	07	1	20	10	1	30	10	1	45	0.4	98	0	Residuos	70	85	94

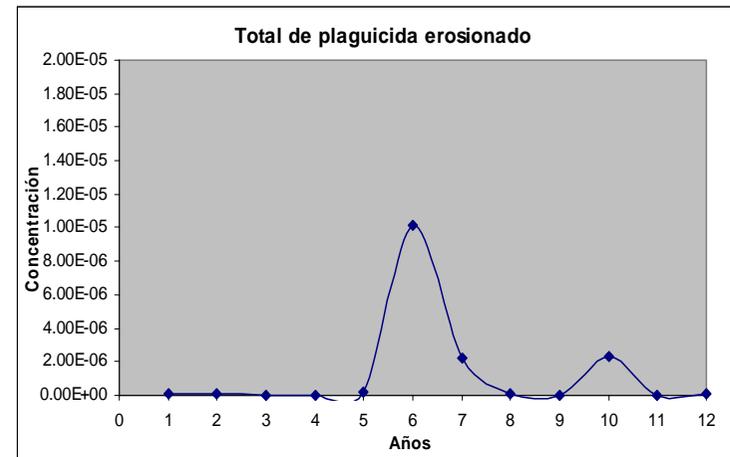
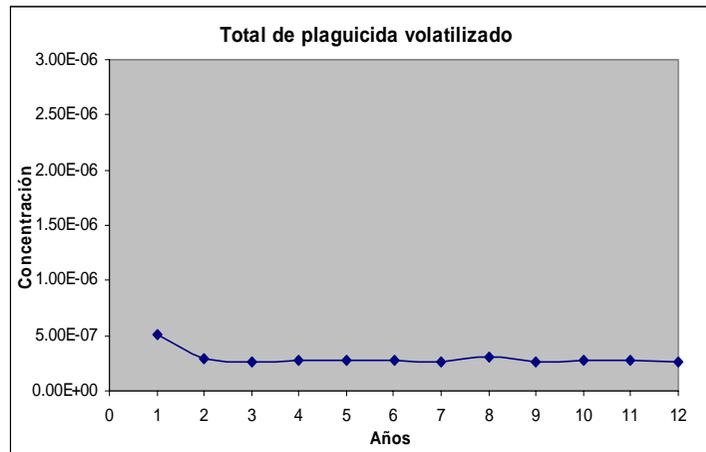
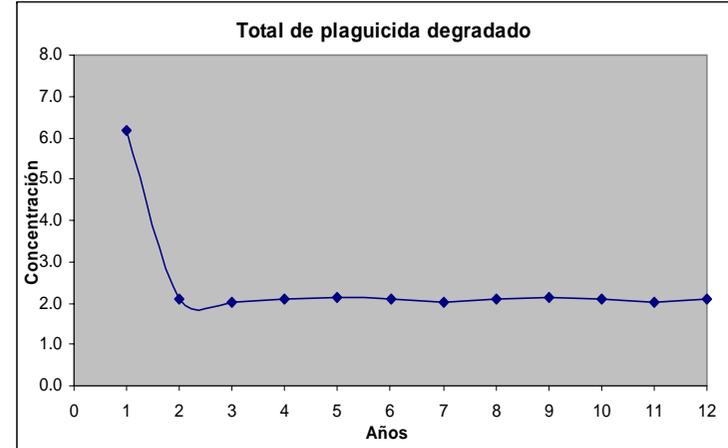
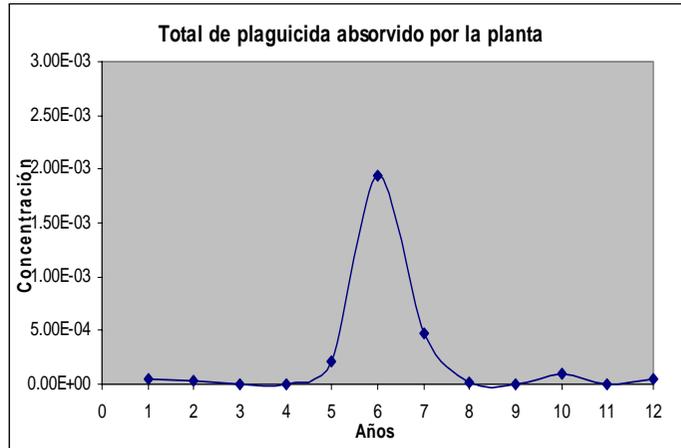
Parámetros de horizontes del suelo

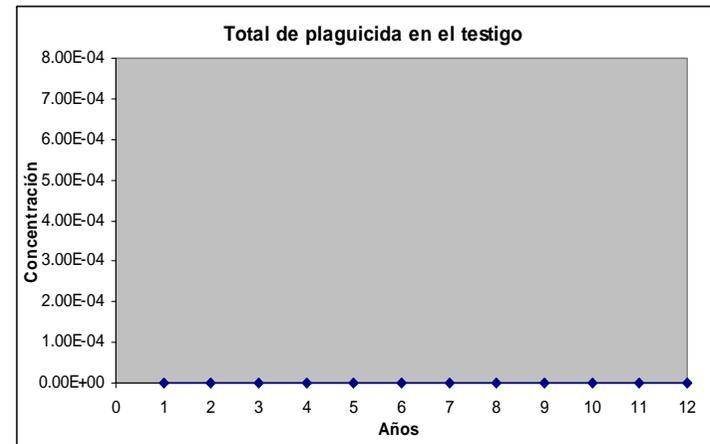
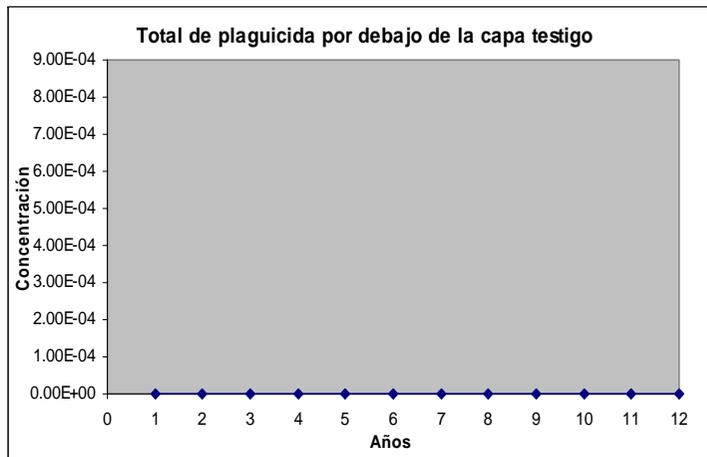
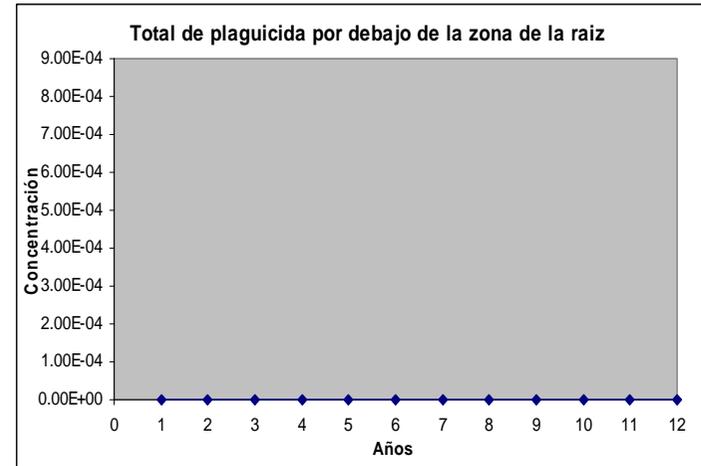
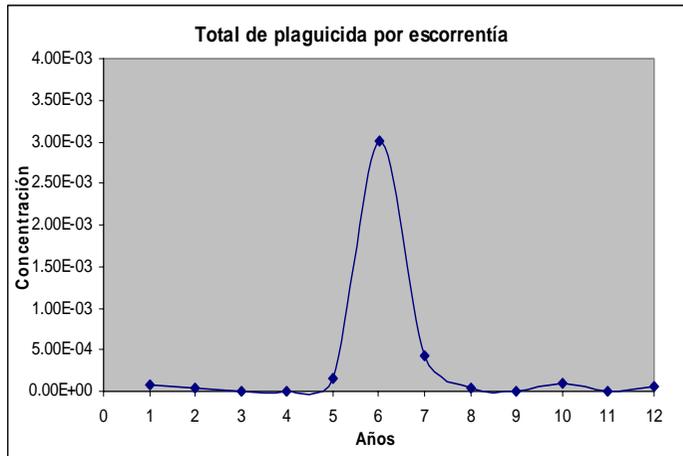
No. horizonte	Espesor (cm)	Densidad (kg/l)	Dispersión (cm ² /d)	Contenido inicial de H ₂ O en el suelo(m ³ /m ³)	Capacidad de campo m ³ /m ³	Punto de marchites de la planta m ³ /m ³	Carbono Orgánico (%)	pH	Factor Biodegradación
SUELOS MOLISOLES									
H1	35	0,02	0	0,503	0,316	0,145	0,93	8,1	0,3
H2	34	0,02	0	0,509	0,339	0,185	1,72	7,6	0,3
H3	31	0,019	0	0,519	0,394	0,192	0,73	7,8	0,3
SUELOS VERTISOLES									
H1	30	0,018	0	0,550	0,489	0,346	0,68	8,3	0,3
H2	27	0,019	0	0,530	0,450	0,303	1,15	8,6	0,3
H3	65	0,02	0	0,514	0,412	0,288	0,88	8,6	0,3

Anexo No. 8: Gráficas de distribución del Metamidofos en los cultivos de arroz, cebolla y tomate

Arroz

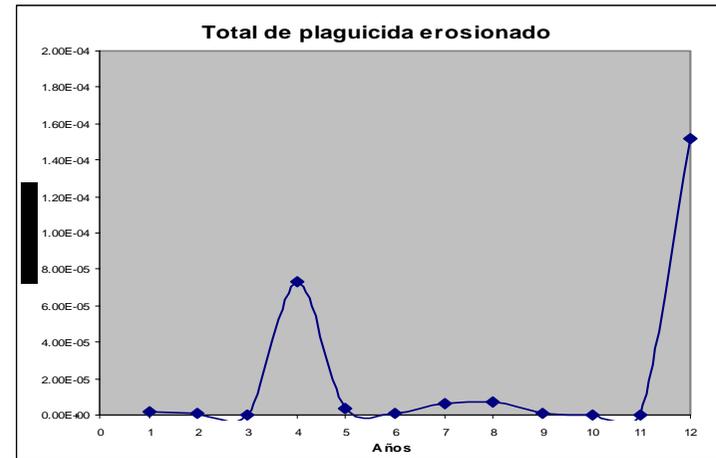
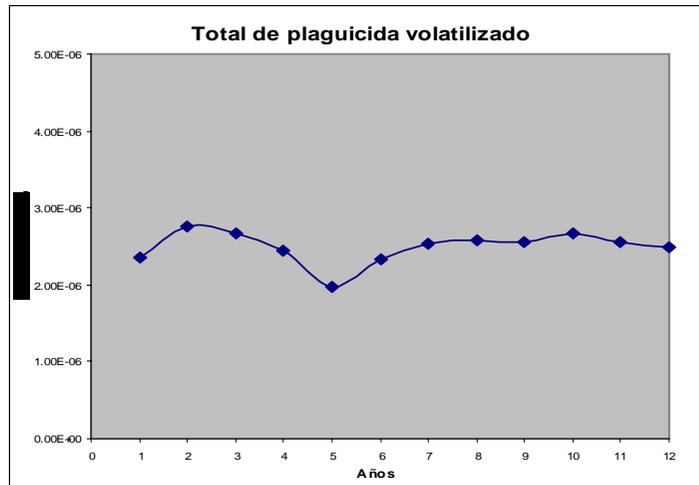
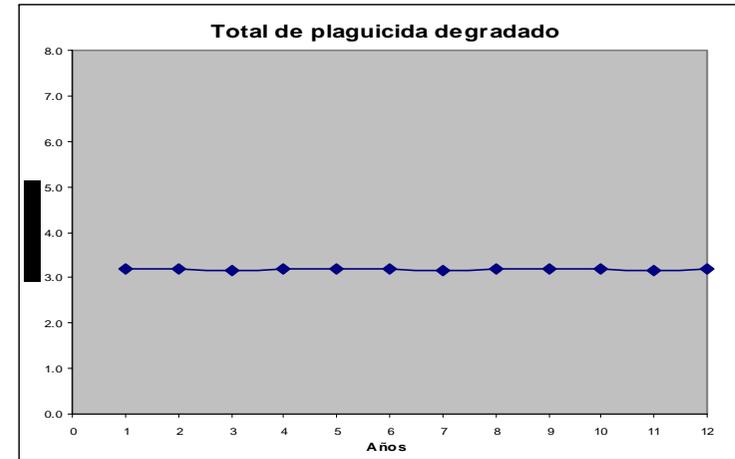
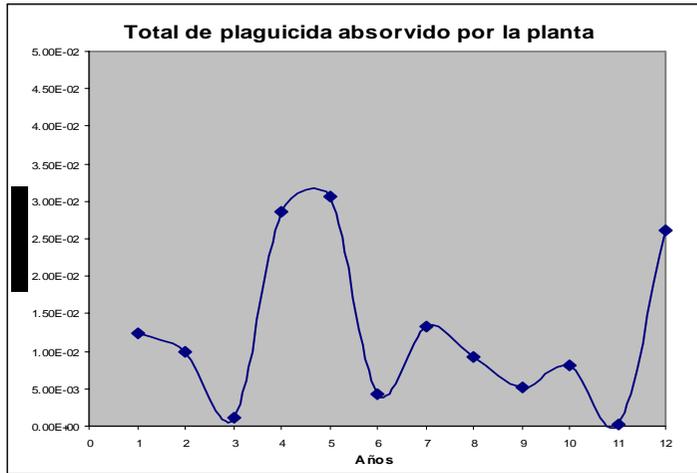
Años	Total de plaguicida absorbido por la planta	Total de plaguicida degradado	Total de plaguicida volatilizado	Total de Plaguicida erosionado	Total de plaguicida por escorrentía	Plaguicida infiltrado por debajo de la zona de la raíz	Plaguicida infiltrado por debajo del testigo	Total de plaguicida en el testigo	Error del balance de plaguicida	Error Acumulativo
1	5,53E-05	6,165	5,13E-07	1,04E-07	7,02E-05	4,94E-11	3,80E-24	0,00E+00	0	-7,10E-16
2	2,74E-05	2,114	2,85E-07	5,91E-08	3,08E-05	0	0	0,00E+00	0	-8,18E-16
3	0	2,031	2,67E-07	2,59E-14	1,03E-12	0	0	0,00E+00	0	-6,07E-16
4	3,36E-07	2,106	2,81E-07	2,50E-09	2,86E-07	0	0	0,00E+00	0	-9,31E-16
5	2,18E-04	2,138	2,75E-07	2,01E-07	1,62E-04	5,36E-21	0	0,00E+00	0	-8,74E-16
6	1,95E-03	2,11	2,72E-07	1,02E-05	3,01E-03	3,07E-24	0	0,00E+00	0	-1,24E-15
7	4,71E-04	2,031	2,58E-07	2,27E-06	4,28E-04	5,08E-18	0	0,00E+00	0	-1,16E-15
8	2,33E-05	2,106	3,05E-07	8,71E-08	4,60E-05	0	0	0,00E+00	0	-1,22E-15
9	1,65E-06	2,138	2,58E-07	2,02E-08	6,86E-06	4,06E-09	4,40E-14	0,00E+00	0	-1,53E-15
10	1,05E-04	2,114	2,82E-07	2,29E-06	1,07E-04	0	0	0,00E+00	0	-1,84E-15
11	6,43E-19	2,031	2,82E-07	1,06E-10	3,76E-09	0	0	0,00E+00	0	-1,80E-15
12	4,57E-05	2,106	2,68E-07	8,73E-08	5,48E-05	0	0	0,00E+00	0	-2,14E-15

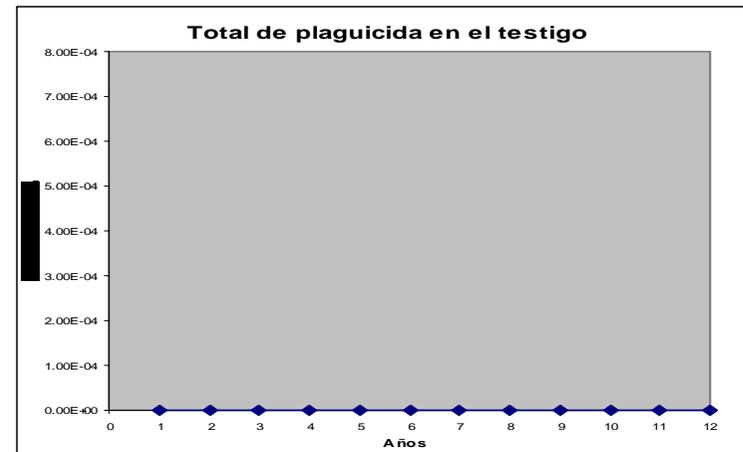
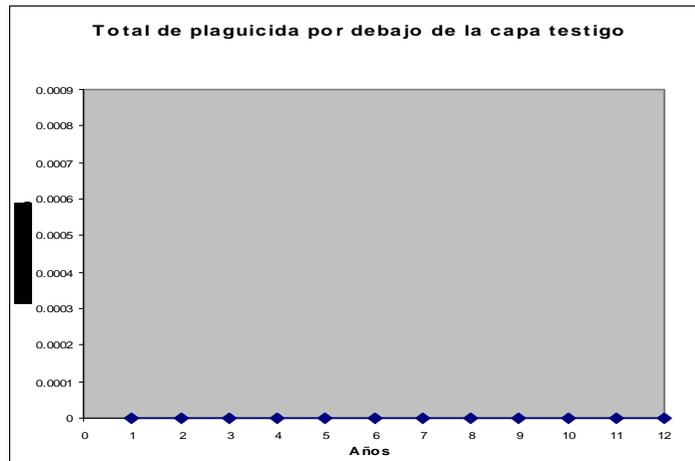
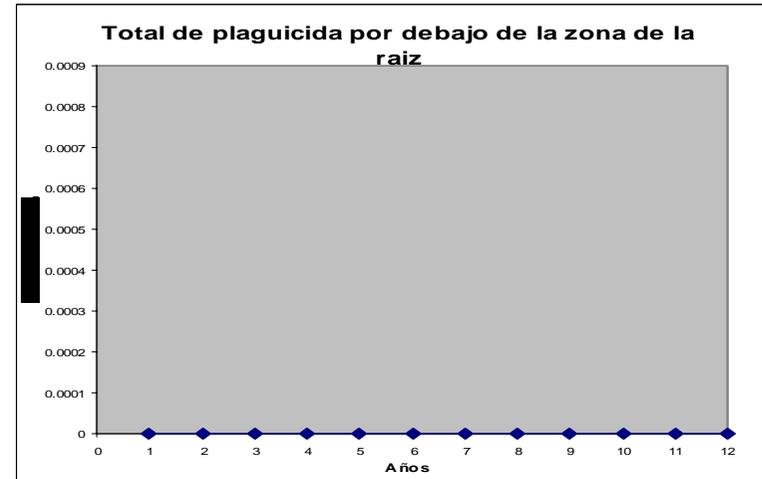
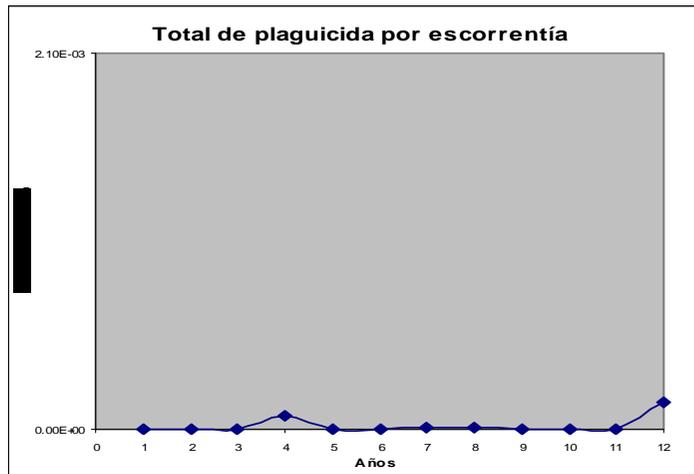




Cebolla

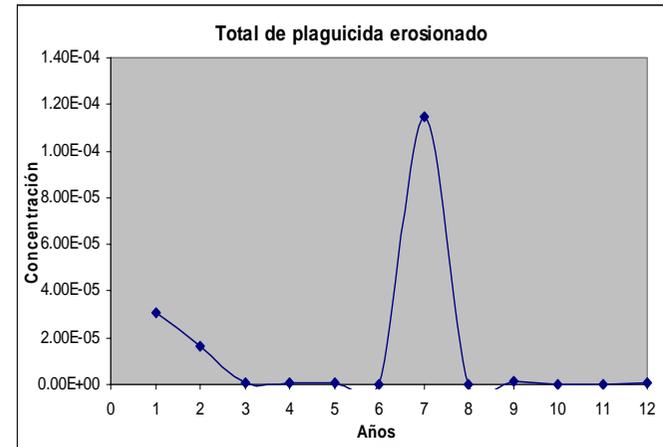
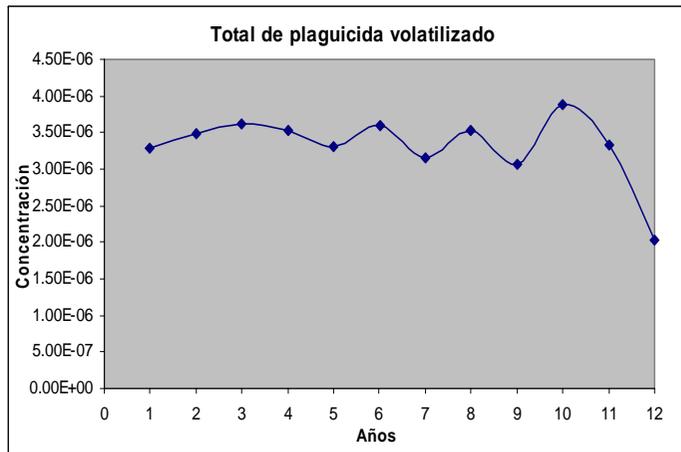
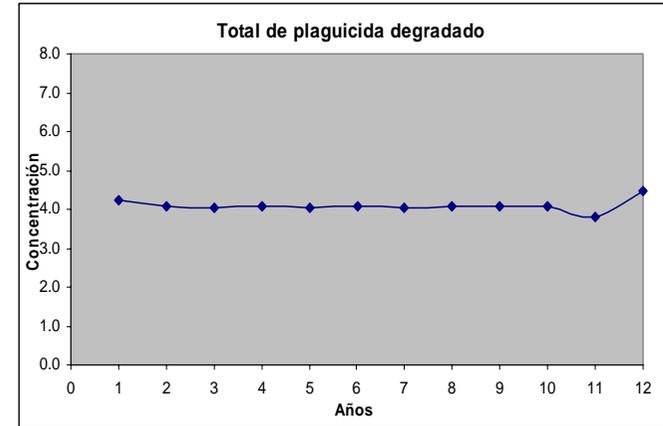
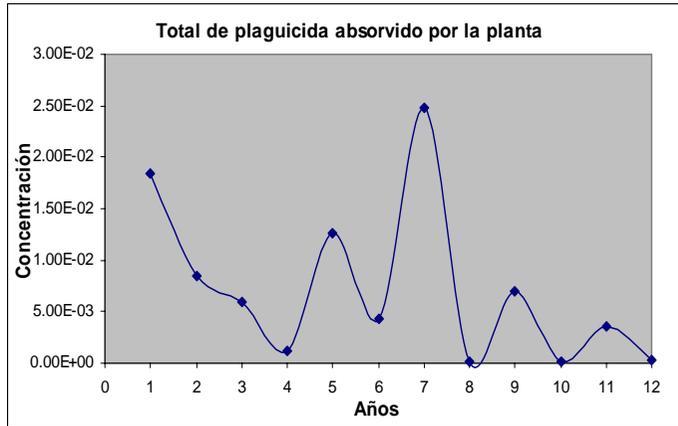
Años	Total de plaguicida absorbido por la planta	Total de plaguicida degradado	Total de plaguicida volatilizado	Total de Plaguicida erosionado	Total de plaguicida por escorrentía	Plaguicida infiltrado por debajo de la zona de la raíz	Plaguicida infiltrado por debajo del testigo	Total de plaguicida en el testigo	Error del balance de plaguicida	Error Acumulativo
1	1,23E-02	3,199	2,35E-06	1,50E-06	2,08E-04	0	0	7,18E-08	2,28E-24	-7,10E-17
2	9,98E-03	3,202	2,76E-06	1,32E-06	1,05E-04	0	0	4,22E-08	2,79E-24	-1,68E-16
3	1,06E-03	3,162	2,66E-06	6,93E-08	1,77E-06	0	0	2,36E-08	8,33E-24	-1,94E-16
4	2,85E-02	3,18	2,44E-06	7,32E-05	2,70E-03	0	0	3,33E-08	1,41E-24	-7,48E-17
5	3,06E-02	3,181	1,98E-06	3,76E-06	3,19E-04	0	0	4,38E-08	5,36E-24	1,30E-16
6	4,29E-03	3,207	2,34E-06	7,85E-07	6,67E-05	7,88E-24	0	2,25E-08	3,42E-24	1,62E-16
7	1,32E-02	3,149	2,54E-06	6,59E-06	9,79E-04	4,62E-08	5,26E-13	7,00E-08	1,31E-24	-6,49E-17
8	9,13E-03	3,202	2,57E-06	6,99E-06	9,80E-04	0	0	5,10E-08	8,93E-24	-1,69E-17
9	5,26E-03	3,206	2,55E-06	4,64E-07	1,57E-05	0	0	3,50E-08	-1,16E-24	3,61E-16
10	8,21E-03	3,204	2,68E-06	7,71E-08	1,41E-05	0	0	5,77E-08	-2,91E-23	4,20E-16
11	2,74E-04	3,163	2,56E-06	6,84E-08	5,54E-06	0	0	3,47E-08	-1,05E-23	1,88E-16
12	2,62E-02	3,176	2,48E-06	1,52E-04	8,96E-03	0	0	1,23E-08	6,17E-24	2,81E-16

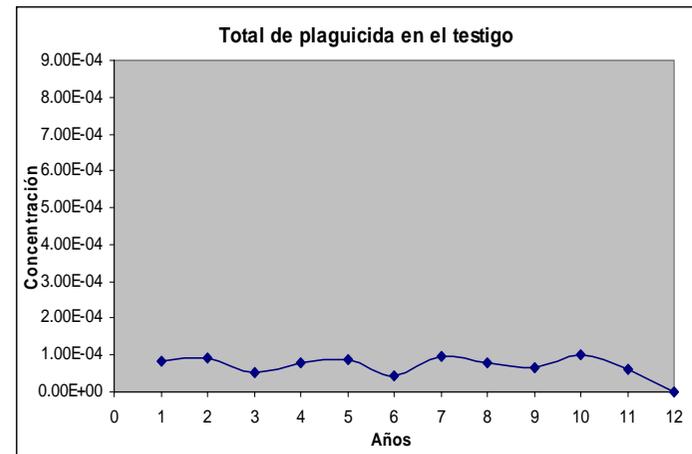
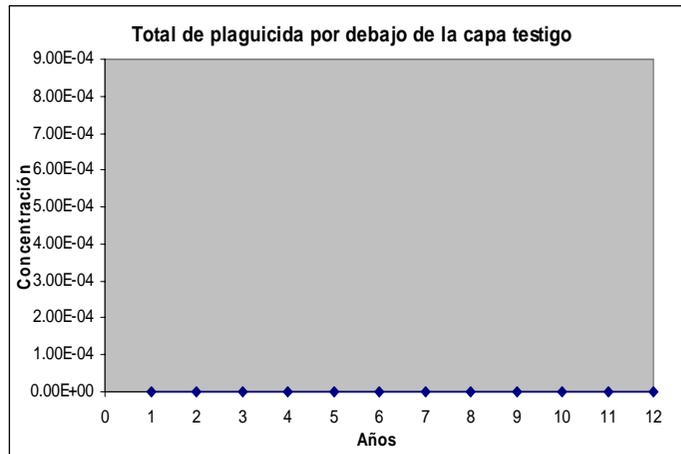
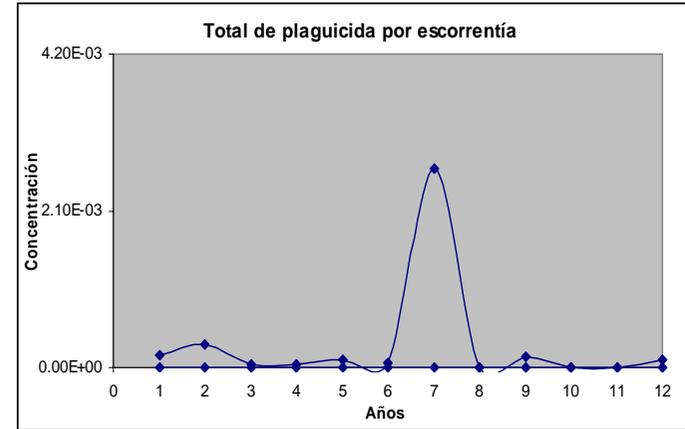
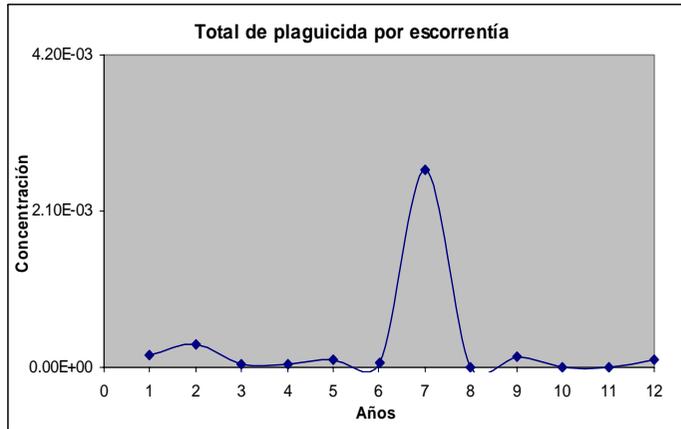




Tomate

Años	Total de plaguicida absorbido por la planta	Total de plaguicida degradado	Total de plaguicida volatilizado	Total de Plaguicida erosionado	Total de plaguicida por escorrentía	Plaguicida infiltrado por debajo de la zona de la raíz	Plaguicida infiltrado por debajo del testigo	Total de plaguicida en el testigo	Error del balance de plaguicida	Error Acumulativo
1	1,84E-02	4,235	3,29E-06	3,04E-05	1,70E-04	2,45E-16	2,45E-16	8,37E-05	-2,09E-20	7,10E-17
2	8,50E-03	4,075	3,48E-06	1,61E-05	3,09E-04	0	0	9,09E-05	9,71E-23	9,65E-18
3	5,87E-03	4,051	3,62E-06	6,83E-07	4,34E-05	8,65E-23	8,65E-23	5,41E-05	-3,44E-20	1,50E-16
4	1,26E-03	4,086	3,53E-06	4,92E-07	4,88E-05	9,02E-23	9,02E-23	7,77E-05	-7,12E-21	1,92E-16
5	1,26E-02	4,057	3,31E-06	8,97E-07	1,03E-04	0	0	8,71E-05	1,02E-20	2,88E-16
6	4,27E-03	4,079	3,60E-06	2,56E-07	6,55E-05	1,50E-23	1,50E-23	4,50E-05	-6,03E-21	6,08E-18
7	2,47E-02	4,029	3,15E-06	1,15E-04	2,66E-03	1,14E-14	1,14E-14	9,77E-05	1,44E-20	2,02E-16
8	1,18E-04	4,087	3,54E-06	2,97E-13	6,23E-12	4,32E-21	4,32E-21	7,69E-05	-5,44E-21	4,25E-17
9	7,01E-03	4,076	3,06E-06	1,45E-06	1,39E-04	1,29E-17	1,29E-17	6,79E-05	1,88E-20	-2,20E-16
10	1,41E-04	4,083	3,88E-06	1,30E-09	3,72E-08	0	0	9,93E-05	-1,04E-20	-1,44E-16
11	3,63E-03	3,791	3,33E-06	7,44E-09	1,82E-07	0	0	6,30E-05	4,14E-21	-2,30E-17
12	2,43E-04	4,454	2,02E-06	4,42E-07	1,06E-04	0	0	1,00E-06	-6,35E-23	1,31E-16





Anexo No. 9: Tabla de Niveles de Limpieza

Contaminants	CAS#s	Direct Exposure		Leachability Based on Groundwater	Leachability Based on Freshwater	Leachability Based on Marine	Leachability Based on Groundwater	Target Organs/Systems or Effects†
		Residential (mg/kg)	Commercial/ Industrial (mg/kg)	Criteria (mg/kg)	Surface Water Criteria (mg/kg)	Surface Water Criteria (mg/kg)	of Low Yield/ Poor Quality (mg/kg)	
Acenaphthene	83-32-9	2400	20000	2.1	0.3	0.3	21	-Liver
Acenaphthylene	208-96-8	1800	20000	27	NA	NA	270	-Liver
Acephate	30560-19-1	120	720	0.02	0.8	0.8	0.2	-Carcinogen -Neurological
Acetaldehyde	75-07-0	15	20	NA	NA	NA	NA	-Nasal
Acetone	67-64-1	11000	68000	25	6.8	6.8	250	-Kidney -Liver -Neurological
Acetophenone	98-86-2	3900	32000	3.9	44	44	39	-None Specified
Acifluorfen, sodium [or Blazer]	62476-59-9	28	140	0.1	25	25	1	-Kidney
Acrolein	107-02-8	0.05	0.3	0.01	0.002	0.002	0.1	-Nasal
Acrylamide	79-06-1	0.1	0.4	0.00003	0.001	0.001	0.0003	-Carcinogen -Neurological
Acrylic acid	79-10-7	48	250	14	NA	NA	140	-Developmental
Acrylonitrile	107-13-1	0.3	0.6	0.0003	0.001	0.001	0.003	-Carcinogen -Nasal -Reproductive
Alachlor	15972-60-8	11	44	0.02	0.005	0.005	0.2	-Blood -Carcinogen
Aldicarb [or Temik]	116-06-3	68	920	0.03	0.004	0.004	0.3	-Neurological
Aldrin	309-00-2	0.06	0.3	0.2	0.01	0.01	2	-Carcinogen -Liver
Ally [or Metsulfuron, methyl]	74223-64-6	19000	300000	12	NA	NA	120	-Body Weight
Allyl alcohol	107-18-6	140	970	0.1	0.02	0.02	1	-Kidney -Liver
Allyl chloride	107-05-1	0.5	2.7	0.2	NA	NA	2	-Neurological
Aluminum	7429-90-5	80000	*	***	***	***	***	-Body Weight