

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
LICENCIATURA EN NUTRICIÓN

PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN LOS ALIMENTOS: SITUACIÓN EN MÉXICO.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN NUTRICIÓN

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

EDUCO EN LA VERDAD EL HONOR

TESINA

PRESENTA:

C. MA. SOLEDAD MARTÍNEZ GONZÁLEZ

LICENCIATURA EN NUTRICION

VERDAD

DIRIGIDA POR:

LIC. RICARDO RANGEL FIGUEROA

CENTRO UNIVERSITARIO
SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO., 2003

No. ADQ. 105185

No. TITULO TS

Clas. 615.954

M385p

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por brindarme la oportunidad de vivir y guiarme en el logro de mis objetivos.

A mi Alma Mater, Universidad Autónoma de Querétaro, por brindarme la oportunidad de superarme como profesionista y como ser humano.

A la Escuela de Nutrición por mi formación como Licenciada en Nutrición.

Al lic. Ricardo Rangel Figueroa, por la dirección del presente trabajo y por el tiempo dedicado en la elaboración de este material.

A la Lic. en Nutrición, Elizabeth Elthon Puente un agradecimiento muy especial por su apoyo desinteresado durante la realización de este trabajo.

*A todas las personas que contribuyeron en mi formación, sinceramente
GRACIAS.*

MA. SOLEDAD MARTÍNEZ GONZÁLEZ.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Que me acompañaron y guiaron siempre en todas las etapas de mi vida y especialmente en esta, que además de regalarme la vida me regalaron las ganas y la oportunidad de ser licenciada en Nutrición, apoyo que llevaré presente siempre como muestra de su cariño y amor. Gracias por enseñarme a luchar por las cosas que deseo, buscando la superación todos los días y a no rendirme ante las adversidades que puedan presentarse.

A mis hermanos:

Josefina, Rafael, Estela, Rosa, Jesús, Raquel, Guadalupe, Gustavo, Jaime y Armando. Por el inmenso apoyo incondicional que a través de los años y la distancia me han brindado, apoyo que me impulsó a seguir adelante siempre, sobre todo en los momentos más difíciles. Son lo más hermoso y valioso que me heredan mis padres y siempre están en mi mente y en mi corazón.

A José Luis M:

Por su apoyo y cariño incondicional, por compartir ilusiones y logros, fracasos y triunfos, por esas palabras de aliento que nunca me faltaron y que me motivaron a vencer obstáculos. Apoyo y enseñanzas que durante mi existencia llevaré conmigo.

A mis amigos:

Lety, Bety, Jesús, Darío, Amigos que me han acompañado desde hace muchos años y que siempre han estado ahí para apoyarme.

Mis amigos y compañeros de universidad, Jacqueline, Guillermo, Jenny, Gaby, Marcela, Laura, Alejandra y Andrea, por brindarme su amistad en los buenos y malos momentos, por su cariño y compañía que hicieron más agradable mi estancia en la universidad.

Al matrimonio Miranda Plaza:

A quienes admiro y respeto y que desde mis inicios en la carrera me brindaron apoyo y cariño. Viven en mi como un gran ejemplo de vida.

A todos, con cariño, gratitud y respeto.

Ma. Soledad Martínez González.

INDICE

RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESARROLLO	3
2.1. Situación comercial de los plaguicidas	3
2.1.1. Situación comercial de los plaguicidas en el mundo	3
2.1.2. Situación comercial de los plaguicidas en México	4
2.2. Química de los plaguicidas	6
2.2.1. Toxicología de los plaguicidas	8
2.2.1.1. Toxicidad aguda.....	8
2.2.1.2. Toxicidad crónica.....	9
2.3. Riesgos para la salud	12
2.3.1. Formas de exposición	14
2.3.2. Intoxicaciones por presencia de residuos de plaguicidas en alimentos	15
2.4. Depósitos y residuos de plaguicidas	16
2.4.1. Normatividad sobre plaguicidas y sus residuos	18
2.4.1.2. Monitoreo de los niveles de plaguicidas	22
2.4.2. Plaguicidas persistentes en los alimentos: plano internacional	24
2.4.2.1. Plaguicidas persistentes en alimentos en México.....	26
III. CONCLUSIONES	30
IV. BIBLIOGRAFÍA	32
V. APÉNDICES	36

PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN LOS ALIMENTOS: SITUACIÓN EN MÉXICO.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de revisar bibliográficamente la situación de la contaminación de alimentos por plaguicidas en México, y los riesgos en la salud de la población expuesta al uso de estas sustancias. Se revisaron estudios de diferentes autores desde 1975 al 2000. En estos trabajos sobresalen la presencia de residuos de plaguicidas en leche, huevo, fruta, hortalizas y leche materna y de los plaguicidas más persistentes se incluye al epóxido de heptacloro y al DDE por sus características moleculares y metabólicas. Los estudios realizados en leche humana, evidencian la presencia de plaguicidas organoclorados y que su contenido se ve influenciado por factores de la madre, como la edad, origen, número de lactancia, meses de lactancia y hábitos alimenticios.

Los estudios sobre los efectos de los plaguicidas en la salud, está enfocados a las intoxicaciones agudas principalmente. Pero la información sobre los efectos crónicos relacionan la exposición a plaguicidas con efectos cancerígenos, disrupción endocrina, teratogénesis y neurotoxicidad.

Las investigaciones en México sobre la contaminación de alimentos con residuos de plaguicidas aún son escasas, por lo tanto se requiere de estudios de plaguicidas en la dieta, para conocer realmente el grado de contaminación de los alimentos, la dosis a que está expuesta la población consumidora y partir de esto para los estudios sobre el efecto en la salud de los consumidores. Sin estos estudios no es posible determinar realmente el grado de exposición de la población ni implementar medidas de seguridad sanitaria eficaces que disminuyan los posibles riesgos.

Palabras clave: Plaguicidas. Alimentos.

I. INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los años el ser humano ha fabricado diversos compuestos químicos con el objetivo de satisfacer la demanda de alimentos de la población.

El consumo mundial de plaguicidas está en aumento, su uso se ha duplicado durante los últimos 20 años. En México se estimó que en 1995 se utilizaron 54 000 toneladas de plaguicidas, lo cual colocó al país como uno de los principales consumidores. (Prado, 2002)

Los plaguicidas son sustancias químicas útiles y benéficas si se usan racionalmente, ya que sin estos se estima que se perdería el 45 por ciento de las cosechas en el mundo.

Sin embargo, el uso indiscriminado de estos productos genera diversos problemas de salud en la población. Los efectos tóxicos han sido estudiados principalmente en población expuesta, las manifestaciones son: mutagénesis, teratogénesis, carcinogénesis, neurotoxicidad, alteraciones inmunológicas así como irritabilidad, alergias, problemas de sueño y de conducta (Ortega,1993; Palacios,1999)

Según datos de la OMS, entre 1973 y 1985 el número de casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas en el mundo aumentó en 600% y el número de muertos debido a las mismas ascendió de 1 a 7.3 por cada 100 intoxicados. En 1985 se presentaron 725 intoxicaciones crónicas ocupacionales, 10 000 no ocupacionales y 200 000 casos de cáncer relacionados con residuos de plaguicidas en los alimentos.

En México, los datos epidemiológicos en este aspecto, son pocos y la vigilancia sanitaria sobre el uso de los plaguicidas todavía es insuficiente. Según los datos arrojados por la Secretaría de Salud en 1996, dentro de los agentes etiológicos implicados en las Enfermedades transmitidas por alimentos, los pesticidas ocuparon el 14%, el doble incluso que las bacterias, después de este año, su porcentaje declinó, pero en los datos del 2002, solo se mencionan como químicos, y ocuparon el 39%, aunque no se especifica que productos químicos incluye.

Los plaguicidas pueden contaminar el producto no solo en su aplicación inicial, sino durante toda la cadena de distribución, por lo tanto, aún cuando los trabajadores agrícolas son el grupo más expuesto a los efectos adversos de los plaguicidas, la mayor parte de la población también puede estarlo, aunque de una manera indirecta.

Los residuos de plaguicidas en los alimentos son uno de los aspectos de peligrosidad de estos agroquímicos que más preocupan actualmente, porque pueden afectar a toda la población, al ser todos consumidores de alimentos.

Por lo anterior, es necesario conocer la situación de México respecto a la contaminación de los alimentos con plaguicidas y además, identificar los riesgos de salud asociados a la exposición de estas sustancias.

II. DESARROLLO

2.1. SITUACIÓN COMERCIAL DE LOS PLAGUICIDAS

2.1.1. SITUACIÓN COMERCIAL DE LOS PLAGUICIDAS EN EL MUNDO.

Los plaguicidas son un grupo muy amplio de sustancias químicas utilizadas en la producción agrícola y el control de cualquier plaga que afecte a la salud humana o sus bienes.

Se estiman que existen unos 1500 principios activos de plaguicidas y alrededor de 60,000 preparados comerciales.

Solo 10 grandes grupos controlan el 80% del mercado mundial. Se calcula que el valor de la producción de estas sustancias es de 30,000 millones de dólares anuales. Así mismo, se ha calculado que alrededor del 30-35% de la producción mundial de plaguicidas está destinada a los países en vías de desarrollo.

Se considera que anualmente se emplea más de medio kilo de plaguicida por habitante, y se espera una tasa de incremento de 2 por ciento anual.

Del consumo mundial de plaguicidas, 48 por ciento corresponde a herbicidas, 32 por ciento a insecticidas, 18 por ciento a fungicidas y 5 por ciento a otros. (Vega,1997)

Según la Organización Mundial de la salud, el 10 por ciento de los compuestos utilizados son organofosforados.

Respecto a su uso; el 26.1 por ciento se utilizan en frutas y verduras, el 11.8 por ciento en maíz, el 10.4 por ciento en arroz, el 15 por ciento en otros cereales, el 9.4 por ciento en soya, el 8.6 por ciento en algodón, el 2.8 por ciento en remolacha, el 1.6 por ciento en colza y el 14.3 por ciento en otros productos (Vega, 1997)

2.1.2. SITUACIÓN COMERCIAL DE LOS PLAGUICIDAS EN MÉXICO.

La utilización de los plaguicidas se incrementó a partir de la segunda guerra mundial, con la propuesta de aumento de la productividad agrícola que formó parte de la estrategia de expansión comercial de los intereses estadounidenses en el tercer mundo, con la llamada "Revolución Verde". En México, se aplicó sobre todo en las planicies del Pacífico en el norte del país, en la producción de cereales y hortalizas de exportación, y se ha extendido a otras partes del territorio nacional.

El uso de plaguicidas en el mundo se ha duplicado durante los últimos 20 años. En México se estimó que en 1995 se utilizaron 54 600 toneladas de plaguicidas y que sus ventas sobrepasaron los 2 200 millones de pesos (Prado, 2002).

En el país, el 67.7 por ciento de los ejidos emplean como tecnología principal los plaguicidas, mientras que en Jalisco 94 por ciento de ellos los utilizan. De esta manera se emplean anualmente en México un promedio de 60 000 toneladas de plaguicidas , para producir el alimento que se consume.

Los plaguicidas más utilizados son los insecticidas (48 por ciento), y entre éstos, los organofosforados, que han sustituido a los organoclorados debido a su mayor efectividad y menor persistencia. En 1992, su volumen de importaciones en México se calculó en 60 mil toneladas y los tres años siguientes se duplicó.

Actualmente se calcula que alrededor del 65 por ciento del consumo nacional de plaguicidas se aplica en los cultivos de maíz, sorgo, soya, caña de azúcar, arroz, hortalizas y pastos; cantidades importantes se emplean en el combate de los vectores transmisores de enfermedades que afectan al hombre y animales proveedores de alimento, así como para controlar las plagas en el hogar, en la industria y en otras áreas. (CICOPLAFEST, 1998)

La lista de plaguicidas autorizados en México, publicada en el Catálogo Oficial de Plaguicidas, de la Comisión Intersecretarial para el Control de Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), suman 329 sustancias, clasificadas en insecticidas y acaricidas (122), herbicidas (82), fungicidas (94), fumigantes (8), rodenticidas (12), atrayentes y feromonas (6), molusquicidas (1), nematocidas (3), protectores de semillas (1), incluye 38 coadyuvantes.

2.2. QUÍMICA DE LOS PLAGUICIDAS.

Un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, por ejemplo las que causan daño durante el almacenamiento o transporte de los alimentos u otros bienes materiales, así como las que interfieran con el bienestar del hombre y de los animales.

Las sustancias químicas que se usan como plaguicidas cubren una amplia gama de compuestos. La manera más práctica de agruparlos y la clasificación universalmente aceptada es teniendo en cuenta el efecto que producen sobre las plagas:

PRODUCTO	PLAGA
Acaricida	Ácaros
Avicida	Pájaros
Bactericida	Bacterias
Funguicida	Hongos
Herbicida	Malezas
Insecticida	Insectos
Nematicida	Nematodos
Rodenticida	Roedores

Cada uno de estos grupos está compuesto por sustancias de naturaleza diferente, por lo tanto de acuerdo a su origen se dividen en:

Plaguicidas Inorgánicos. Fabricados a base de minerales tales como arsénico, cobre, plomo, etc.

Plaguicidas Vegetales. Son plaguicidas, en particular insecticidas extraídos de diversas partes de vegetales, ejemplo: piretrinas, rotenona, nicotina.

Microorganismos Vivos. Son los virus, bacterias y hongos utilizados en el control biológico de plagas, o que forman parte en el control integrado de ellos, ejemplo: Bacilo thuringiensis, el hongo Beauveria bassiana, etc.

Plaguicidas Organosintéticos. Son sintetizados por el hombre y contienen carbono, hidrógeno, y uno o más elementos como cloro, fósforo, nitrógeno, azufre, etc. Estos plaguicidas son los más utilizados, por lo que es importante desde el punto de vista toxicológico conocer su clasificación, la cual se basa en la naturaleza química del grupo funcional que caracteriza el compuesto y le imparte todas sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas al plaguicida. Dentro de este grupo están: Organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides principalmente.

2.2.1. TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS

La toxicidad puede definirse, en general, como la capacidad de una sustancia para causar daño o provocar la muerte.

La toxicología de los plaguicidas es un fenómeno complejo en el que intervienen, por parte de los diversos compuestos, su estructura molecular, sus propiedades fisicoquímicas, de las que depende su afinidad por sistemas biológicos específicos (toxicidad selectiva) y la dosis en que los humanos se exponen a los mismos (relación dosis-tiempo-respuesta) (Córdoba, 2001)

De acuerdo a su grado de toxicidad, los plaguicidas se clasifican de la siguiente manera:

Categoría	Toxicología	Color
I	Extremadamente tóxico	Rojo
II	Altamente Tóxico	Amarillo
III	Moderadamente Tóxico	Azul
IV	Ligeramente Tóxico	Verde

En algunos casos, gran parte de los efectos agudos y a corto plazo son ocasionados por la presencia de impurezas y metabolitos que pueden generarse durante la síntesis del plaguicida.

La toxicidad se puede clasificar en toxicidad aguda y toxicidad crónica.

2.2.1.1 TOXICIDAD AGUDA.

La toxicidad aguda es la capacidad de una sustancia de causar daño durante su exposición a esta. Los síntomas se pueden presentar durante la primera exposición, pocas horas después o pocos días después de la exposición.

Los efectos pueden ser tan ligeros como náuseas, dolores de cabeza o contracciones estomacales, o tan severos como convulsiones, coma o muerte.

Uno de los métodos utilizados para expresar la toxicidad aguda es la dosis letal media. La dosis letal media o DL 50 es la cantidad mínima de una sustancia que es capaz de matar al 50% de una población de animales de prueba .

2.2.1.2. TOXICIDAD CRÓNICA

La toxicidad crónica es la propiedad de una sustancia de causar daños a largo plazo. Los efectos tóxicos crónicos pueden resultar de una exposición simple severa o repetidas exposiciones a lo largo de un periodo. (Córdoba, 2001)

Desde el punto de vista toxicológico, los grupos de plaguicidas más importantes son: Plaguicidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.

Plaguicidas Organoclorados.

Son derivados de hidrocarburos clorados, fueron los primeros plaguicidas sintéticos en comercializarse, son compuestos de estructura química variada que en común tienen la presencia de cloro.

Entre los organoclorados están: diclorodifeniltricloroetano (DDT; bis-paraclorofenil-1,1,1 tricloroetano), lindano, captano, endrín, heptacloro, toxafeno, tiodano, así como otros compuestos afines.

La mayor parte de estos plaguicidas se emplean como insecticidas; son características comunes a todos ellos, una elevada toxicidad crónica, la tendencia a acumularse en tejido adiposo, su elevada persistencia en el suelo y en los alimentos y su capacidad para la biomagnificación en las redes tróficas.

Estos compuestos son estimulantes del sistema nervioso central, su mecanismo exacto de acción se desconoce, pero se sabe que hay liberación de catecolaminas en la periferia, así como la liberación de otras sustancias neuroestimulantes.

Estos plaguicidas se absorben bien por vía digestiva y a través de la piel. Después de un periodo de latencia, los síntomas predominantes de la intoxicación aguda en sistema nervioso central son: cefalea, vértigo, excitabilidad, espasmos musculares, y en los casos más graves, convulsiones. En estas condiciones la muerte puede ocurrir por depresión respiratoria. Ocasionalmente puede ocurrir daño hepático o renal, aunque es posible que esto se deba a los disolventes orgánicos utilizados como vehículos de estos plaguicidas(Arias, 1990; Prado 2001)

Estos plaguicidas se excretan principalmente en orina pero también pueden eliminarse por la leche.

Plaguicidas Organofosforados.

Son ésteres del ácido fosfórico, estos compuestos tienen baja persistencia en el ambiente, no se acumulan en el organismo y tienen bajo potencial cancerígeno; sin embargo, su toxicidad aguda es mayor que la de los organoclorados. Algunos productos de este tipo son extremadamente tóxicos y se han empleado con fines bélicos como gases neurotóxicos.

Ejemplos de estos compuestos son el malatión, paratión, diclorvos, demeton-S-metil, entre otros.

Se absorben bien por inhalación, ingestión y vía cutánea, actúan inhibiendo la actividad de la acetilcolinesterasa en el sitio preciso en donde rompe la molécula de acetilcolina, por lo tanto, se genera gran cantidad de impulsos a las células efectoras y esta estimulación continua causa las manifestaciones de intoxicación:

Síndrome muscarínico: por estimulación de las glándulas y fibras musculares lisas, lo que causa vomito, sudoración profusa, diarrea, salivación excesiva, lagrimeo y abundante secreción bronquial y de manera característica, las pupilas se contraen.

Síndrome nicotínico, por acción sobre las fibras musculares estriadas: calambres de los músculos abdominales y de las extremidades, temblores, bradicardia y trastornos del ritmo cardiaco.

Síndrome neurológico: por estimulación de otras neuronas, que se caracteriza por irritabilidad, conducta psicótica, perdida brusca de la conciencia y convulsiones, la muerte ocurre por depresión respiratoria, edema pulmonar o bradicardia extrema.

Algunos compuestos organofosforados producen además una neuropatía retardada por acción sobre la esterasa neurotóxica. (Palacios 1999; Durán 2000)

Plaguicidas Carbamatos.

Los carbamatos tienen un comportamiento toxicológico similar al de los compuestos organofosforados ya que también son inhibidores de colinesterasas, aunque en este caso la inhibición enzimática es reversible, causan lagrimeo, salivación, meiosis, convulsiones y a concentraciones elevadas la muerte. (Henao, 1991; CICOPLAFEST, 1998)

Entre los más conocidos comercialmente están: isolán, dimetilán, aprocarb, trialato, entre otros.

Al igual que los organofosforados, los carbamatos se absorben bien por inhalación, ingestión y por la vía cutánea, las tres diferencias entre los carbamatos y los organofosforados son las siguientes: (a) la unión a la esterasa es reversible, por lo tanto, las manifestaciones son más benignas y de menor duración; (b) penetran poco al sistema nervioso central y (c) los niveles de actividad de la colinesterasa retornan rápidamente a la normalidad, por lo que no son de utilidad para el diagnóstico de intoxicación.

Piretroides. Son insecticidas sintéticos similares a las piretrinas naturales, pero han reemplazado a estas por tener gran estabilidad y ser menos volátiles, además son de mayor acción insecticida.

Tienen una baja toxicidad aguda, son poco persistentes y no bioacumulables. Son neurotóxicos a dosis altas. Recientemente se ha descubierto que tienen la capacidad de isomerizarse en determinadas condiciones de almacenamiento, dando lugar a compuestos más tóxicos que el plaguicida original.

2.3. RIESGOS PARA LA SALUD.

La inhalación, ingestión o contacto de la piel con un plaguicida puede causar lesiones o enfermedades. Las dosis pequeñas de los plaguicidas altamente tóxicos pueden provocar intoxicación e incluso la muerte.

Otros plaguicidas son levemente tóxicos y sus efectos pueden ser detectados después de una exposición a grandes cantidades o después de mucho tiempo.

Desde 1995 al 2000 el Sistema Nacional de salud registró 28 734 casos de intoxicación por plaguicidas. El número de casos puede ser mayor, pero debido al subregistro no se conoce la cifra exacta.

Cuando una persona se expone a una cantidad de plaguicida que puede provocar lesiones o intoxicación, la aparición de los signos o síntomas puede ser inmediato o demorar un tiempo. Estos síntomas dependen del tipo de plaguicida y pueden variar según edad, sexo y estado de salud de las personas expuestas.

Entre los síntomas más comunes figuran, dolores de cabeza e irritación de ojos, nariz y garganta. Estos síntomas pueden desaparecer al poco tiempo y en ocasiones es difícil distinguirlos de una alergia o gripe. Las exposiciones mayores pueden provocar lesiones sistémicas que provocan visión borrosa, mareos, sudor excesivo, debilidad, náuseas, dolores de estómago, vómitos, diarrea y sed intensa. Por esta razón muchas veces los trabajadores en el campo confunden o atribuyen estos síntomas a los largos periodos de trabajo bajo el sol.

Los efectos crónicos generalmente son irreversibles y fatales, pero por lo general, en las etiquetas no se indica este riesgo de intoxicación a largo plazo.

Los efectos tóxicos han sido estudiados principalmente en población expuesta, las manifestaciones son la mutagénesis, teratogénesis, carcinogénesis, neurotoxicidad, alteraciones inmunológicas así como irritabilidad, alergias, problemas de sueño y de conducta. Por ejemplo, el DDT es hepatocarcinogénico en ratón, según los datos de la Agencia Internacional de Investigación de cáncer (IARC). También se le ha vinculado con el cáncer mamario, con abortos espontáneos, disminución de la lactancia y bajo peso al nacer (Ortega, 1994; Durán, 2000).

En un estudio sobre salud reproductiva, que se realizó en 14.947 hombres en los cuales se hicieron estimaciones de la actividad espermática, se le ha vinculado con el aumento de cáncer testicular, aunque también otros estudios presentan controversia con estas conclusiones .

El lindano es un agente androgénico con efectos mutagénicos. El dieldrín induce hepatocarcinogénesis, proliferación celular y apoptosis en hígado de roedores. El metoxicloro tiene efectos sobre sistemas reproductivos en desarrollo.

Los llamados disruptores endocrinos han manifestado ser capaces de alterar procesos como la neurogénesis, migración, sinaptogénesis, gliogénesis y mielinización. En investigaciones recientes se ha estudiado los puntos en donde estos compuestos pueden participar alterando respuestas de glándulas sexuales, tiroides y suprarrenales modificando la homeostasis y la funcionalidad de los organismos en procesos como la ovulación, desarrollo neuronal y metabolismo energético. El comité de expertos en disrupción endocrina de la Unión Europea, ha señalado un grupo de plaguicidas que por su carácter tóxico en el sistema endocrino, son sujetos a estudio (Olea,2001). Ver Apéndice 1

También se ha reconocido que son capaces de cruzar la barrera placentaria e ingresar al torrente circulatorio del feto. Ya que la leche humana está más contaminada que la leche vacuna, algunos autores piensan que las ventajas de esta leche puede sufrir un deterioro. (Waliszewski,2000; Prado, 2002)

Con respecto a la toxicidad de los organofosforados, estos han sido vinculados con diversos síndromes y recientemente con la enfermedad de Parkinson, la investigación epidemiológica sugiere una asociación positiva en este efecto.

También se considera que estos compuestos estimulan las enfermedades infecciosas, sobre todo del tracto respiratorio y se ha encontrado que la leucemia linfocítica crónica es mayor en sujetos expuestos a plaguicidas organofosforados, especialmente crotoxfos, diclorvos y fampur bajo condiciones agudas, mientras que el conocimiento de los efectos crónicos de los plaguicidas organofosforados es muy limitado(Palacios, 1999; Dowling, 2002).

2.3.1 FORMAS DE EXPOSICIÓN

Durante el trabajo.

Las personas que cargan y aplican plaguicidas son las más expuestas a la contaminación, pero los trabajadores de campo, tractoristas y personal de riego pueden contaminarse al entrar prematuramente a las zonas tratadas.

Los que reparan o mantienen el equipo de aplicación pueden exponerse a los residuos adheridos. Los plaguicidas solubles en aceite son los más peligrosos porque es difícil eliminarlos de los depósitos de grasa y las superficies aceitosas.

Las personas que trabajan en las empacadoras y en plantas elaboradoras pueden contaminarse con residuos presentes en frutas y verduras o tierra adherida. Los intervalos de seguridad antes de la cosecha están establecidos para proteger a los consumidores pero también pueden ayudar a los que trabajan en campos, empacadoras y plantas elaboradoras.

En los invernaderos y viveros, los trabajadores se exponen a los plaguicidas por el denso follaje y los pasillos estrechos. La poca ventilación de los invernaderos aumenta la posibilidad de contaminación durante la aplicación.

Los aplicadores de plaguicidas que trabajan en hogares, depósitos fábricas y oficinas se exponen a la misma situación. En estos últimos, el riesgo es muy alto, debido precisamente a la poca ventilación de los lugares cerrados.

Fuera del trabajo:

La contaminación de plaguicidas también puede producirse fuera del trabajo. Los residuos de las fumigaciones en los hogares pueden contaminar a las personas que entran al lugar antes del tiempo establecido.

Las personas también pueden contaminarse con residuos presentes en frutas y verduras en los cuales no se respetó el intervalo de seguridad durante la cosecha.

En el hogar, el uso excesivo o inadecuado de productos para combatir los insectos urbanos puede causar lesiones.

2. 3. 2 INTOXICACIONES POR PRESENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN LOS ALIMENTOS.

Las enfermedades transmitidas por alimentos representan una prioridad en salud pública. En este aspecto se deben de especificar que no todos los eventos de enfermedades transmitidas por alimentos son notificados y en consecuencia, no son investigados.

En Estados Unidos y el Reino Unido solo se notifica el 10% de los casos de brotes y en países subdesarrollados, se notifica menos del 1% de los eventos. Esto puede deberse a múltiples causas, por ejemplo, porque los síntomas digestivos se confunden fácilmente con otras entidades o muchas se autolimitan rápidamente, pocas veces se toman muestras para identificar el agente etiológico, o porque probablemente no se reportan casos individuales.

Según los datos de la Secretaría de Salud en México, en 1996, se notificaron 111 casos o brotes, con una tasa de morbilidad de 2.32 por 100 000 habitantes. Se presentaron daños a la salud en 2169 enfermos, 12 de los que se enfermaron fallecieron.

Entre los agentes etiológicos implicados, los pesticidas ocuparon el 14%. Después de ese año, se reporta un declive, pero para junio del 2002, en que se notificaron 61 casos o brotes de ETAS, los químicos ocuparon el mayor porcentaje (39%), pero no se especifica que tipo de químicos, y aunque los plaguicidas entran en esta clasificación, se desconoce hasta qué grado fueron responsables de estos brotes.

En 1985 la aplicación ilegal y excesiva de carbamatos en sandía en California, resultó en más de 1000 casos de envenenamiento en Estados Unidos y Canadá. En México, existen algunos datos cronológicos de intoxicaciones por plaguicidas a través de los alimentos, por ejemplo, por jitomate, agua, harina de trigo (Nriagu, 1990; Restrepo, 1992). Ver apéndice 2.

2.4. DEPÓSITOS Y RESIDUOS DE PLAGUICIDAS

Los residuos de plaguicidas en los alimentos es uno de los aspectos de peligrosidad de los plaguicidas que más preocupan actualmente, porque afectan a toda la población, al ser todos consumidores de alimentos.

Para concebir el problema de los posibles peligros que puedan asociarse con la ingestión por el consumidor de residuos de plaguicidas a través de alimentos tratados con ellos, es necesario explicar la terminología y comportamiento de los depósitos y residuos de los plaguicidas.

Depósitos de Plaguicidas.

Depósitos de plaguicidas y residuos de plaguicidas no son siempre sinónimos. Se denomina depósito de plaguicida a la cantidad de plaguicida que queda sobre el vegetal inmediatamente después del tratamiento (Kremlin, 1982). Las magnitudes de los depósitos iniciales son influidas por muchos factores, incluyendo dosificación del agente químico, composición de la fórmula, métodos de aplicación, uniformidad de la aplicación, diferencias en los sustratos, diferencias en el medio ambiente y por último, diferencias en las estaciones.

El depósito de plaguicida en la planta es eliminado de forma progresiva, con mayor o menor rapidez, ya que están expuestos a los factores de desgaste de la acción del tiempo, en el que se incluyen las acciones mecánicas, como el deslave causado por el viento y la lluvia, acciones físicas como la volatilización y la solubilidad y la degradación química del plaguicida.

Residuos de Plaguicidas .

Residuo de plaguicida es toda sustancia presente en un producto alimenticio destinado al hombre o a los animales, como consecuencia de la aplicación de un plaguicida, estas sustancias pueden ser restos del plaguicida original, sus impurezas, y sus productos metabólicos o degradación (Kremlin, 1982 ; Córdoba 2001)

Numerosos factores influyen en la mayor o menor gravedad de los residuos, entre los que podemos considerar:

- Toxicología del plaguicida, es decir, su mayor o menor daño para la salud humana o de animales domésticos.

- El grado o probabilidad de exposición del hombre a esos residuos, en función, entre otros factores, de la participación del producto tratado en la dieta.
- La posible magnificación de los mismos a través de la cadena alimenticia.
- La posibilidad de que los residuos sean o se transformen en formas moleculares todavía más tóxicas que el plaguicida original.
- Su persistencia que depende de cualidades intrínsecas (estabilidad, polaridad, etc.). De acuerdo a su persistencia, los plaguicidas se clasifican de la siguiente manera:

Ligeramente persistentes

Menos de cuatro semanas

Poco persistentes

De cuatro a veintiséis semanas

Moderadamente persistentes

De Veintisiete a cincuenta y dos semanas

Altamente persistentes

Más de un año y menos de veinte

Permanentes

Más de veinte años.

7

2.4.1. NORMATIVIDAD SOBRE PLAGUICIDAS Y SUS RESIDUOS.

En México las dependencias que emiten normatividad en materia de plaguicidas son:

- a) La Secretaría de Salud
- b) La Secretaría del Trabajo y Previsión Social
- c) La Secretaría de Desarrollo Social
- d) La Secretaría del Medio Ambiente
- e) La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Además, la autorización de los plaguicidas que se usan o prohíben en México se encuentra vigilada por una Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. (CICOPLAFEST) integrada por cuatro dependencias del ejecutivo federal. Ver apéndice 3

La regulación de los plaguicidas incluye las siguientes normas oficiales mexicanas:

- NOM-003-STPS- 1999, Actividades agrícolas-Usos de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes –Condiciones de seguridad e Higiene. Publicación 26- octubre-99. En esta norma se establecen las condiciones de seguridad e higiene para prevenir riesgos a los que se exponen los trabajadores agrícolas, ya sea almacenamiento, traslado y manejo de estos productos.
- NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Publicación 02-Febrero-99. En esta norma se establecen las obligaciones del patrón y de los trabajadores para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y evitar daños al centro de trabajo.
- NOM-006-STPS-2000, Manejo y almacenamiento de materiales –Condiciones y procedimientos de seguridad.
- NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

- NOM-017-STPS-2000, Equipo de protección personal- condiciones de seguridad e higiene.
- NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-045-ssa1-1993, Plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. Etiquetado.
- NOM-056-SSA1-1993. Requisitos sanitarios del equipo de protección personal.
- NOM-033-FITO-1995, Requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de funcionamiento que deberán presentar las personas físicas o morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas.
- NOM-052-FITO-1995, Requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán presentar las personas físicas o morales que se dediquen a la aplicación aérea de plaguicidas agrícolas.

Limite de Residuos.

El límite máximo de residuos (LMRs) es la concentración máxima de residuos de plaguicida (expresada en mg/kg), recomendada por la comisión del Codex alimentarius, para que se permita legalmente su uso en la superficie o en la parte interna de productos alimenticios para consumo humano y de piensos (Codex, 1998). Es decir, la cantidad que no puede ser sobrepasada para que pueda ser puesto en circulación o comercializado. Ver Apéndice 4

Para la determinación de este límite se siguen dos vías: una toxicológica y otra agronómica. En la primera, lo que se pretende es que la ingestión diaria del residuo considerada no provoque efectos nocivos durante toda una vida, según los conocimientos actuales. Para ello se determina el "nivel sin efecto" en animales de experimentación, que luego se extrapola al hombre aplicando grandes coeficientes de seguridad y expresándose como "ingestión diaria admisible" y posteriormente teniendo en cuenta la dieta media del país considerado y los alimentos que pueden

ser tratados con ese plaguicida, se le aplica un coeficiente o factor alimentario y se obtiene una cifra que representa el nivel permisible de residuos de plaguicida en un producto vegetal desde el punto de vista toxicológico.

Una vez establecido el máximo nivel toxicológico, que nunca puede superarse, hay que tener en cuenta los residuos que realmente quedan del plaguicida en el momento de la recolección como se utiliza en Buena Práctica Agrícola. Esto se determina por medio de ensayos de campo y, como consecuencia de ello, se obtiene un residuo real en cosecha, que debe ser inferior al nivel toxicológicamente permisible y que es el que se considera para el establecimiento de los LMRs.

Es importante definir para un mejor entendimiento de estos límites, que las Buenas prácticas agrícolas en el uso de plaguicidas (BPA) se refiere a los usos inocuos autorizados a nivel nacional, en las condiciones existentes, de los plaguicidas necesarios para un control eficaz y fiable de las plagas. Comprende una gamma de niveles de aplicaciones de plaguicidas hasta la concentración de su uso autorizado más elevada, de forma que quede la concentración mínima posible de residuo. Los usos inocuos autorizados se determinan a nivel nacional y prevén usos registrados o recomendados en el país que tiene en cuenta las consideraciones de salud pública y profesional, y la seguridad del medio ambiente. Las condiciones existentes comprenden cualquier fase de la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos para consumo humano y piensos.

Las normas oficiales mexicanas referentes a los residuos de plaguicidas en alimentos son:

- NOM-021-ZOO-1995. Análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases. En esta norma se establece el método de prueba para la detección y cuantificación de estos plaguicidas. La técnica se basa en la obtención de lípidos por calentamiento, los hidrocarburos clorados son extraídos y purificados por cromatografía en columna. Publicación: 23-Mayo -95. Ver apéndice 5

- NOM-028-ZOO-1995. Determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en hígado y músculo de bovinos, equinos, porcinos, ovinos, caprinos, cérvidos y aves por cromatografía de gases. Publicación: 24-Enero-96
- NOM-050-FITO-1995. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para efectuar ensayos de campo para el establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas. Publicación: 21-Noviembre - 96
- NOM-057-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas. Publicación: 30 – julio- 1996.

2.4.1.2 MONITOREO DE LOS NIVELES DE PLAGUICIDAS.

Algunos países como Estados Unidos, España, Egipto entre otros, han utilizado la inspección o el monitoreo en la dieta principal, como una medida para evaluar la eficiencia de las restricciones impuesta (Alan, 1996; Dogheim, 2002). Estas inspecciones han demostrado que durante la legislación implementada por el gobierno en donde se ha prohibido o restringido el uso de plaguicidas organoclorados para el uso en la agricultura, relacionado a la producción de alimentos, los niveles de residuos han disminuido notablemente.

Algunos autores proponen que una mejor forma de evaluar esta persistencia es la inspección en los niveles de residuos en humanos, para esto se ha utilizado el tejido adiposo, la orina, sobre todo en población altamente expuesta, aparentemente las pruebas de sangre es el medio más útil para el monitoreo.

A través del tiempo, también la leche materna ha sido utilizada para dichos fines, y se asegura, que esta leche, es un buen indicador en el monitoreo para evaluar la contaminación por plaguicidas organoclorados (Prado, 2002).

Este método es apoyado por diversos autores, por ser una técnica no invasiva y que refleja hasta donde puede avanzar la contaminación por organoclorados en la cadena alimentaria.

En México, no se han aplicado estos monitoreos, es decir, que representen la situación nacional, porque si existen estudios aislados, que si bien reflejan la situación, no lo hacen de una forma general. Y por otro lado, la atención se dirige a los productos agrícolas para exportación, ya que existen rechazos si hay exceso en los límites máximos permitidos.

Respecto a esto, la Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST), para disminuir el rechazo de embarques de productos agrícolas exportados a Estados Unidos de América, por violación a estos límites ha elaborado un programa de trabajo que

incluye estrategias como el monitoreo de residuos de plaguicidas en productos del campo y centrales de abasto, restricción de autorización de plaguicidas de alta toxicidad, destrucción de productos con residuos de plaguicidas no permisibles detectados en campo y lugares de abasto y capacitación a los aplicadores de plaguicidas.

2.4.2. PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN LOS ALIMENTOS: PLANO INTERNACIONAL.

El uso de plaguicidas en la agricultura, y especialmente en técnicas intensivas es de particular interés en lo referente a la exposición humana a sustancias químicas, tanto laboral, y ambiental, como de la población general expuesta al residuo químico contenido en los alimentos (Keefe, 1998).

En los últimos años, se ha incrementado la atención científica al estudio de la exposición a los plaguicidas a través de la alimentación.

Un residuo de plaguicida es aquella sustancia que se encuentra en los alimentos, los productos agrícolas o los piensos como resultados del uso de plaguicidas. Este término incluye tanto los derivados del plaguicida, como los productos de conversión, los metabolitos, los productos de reacción y las impurezas que se consideran de importancia toxicológica (OMS, 1990).

Los estudios de contaminación de alimentos por plaguicidas, han sido más analizados por países desarrollados. Por ejemplo, se realizó un estudio en el que se determinaron los niveles medios de residuos de plaguicidas para los principales grupos de comida de la dieta media española. Los plaguicidas detectados con mayor frecuencia fueron el DDT y HCB. Los niveles más altos de pesticidas fueron encontrados en tocino. También calcularon una media diaria de consumo de plaguicidas que fue de 78 ug DDT, una suma que incluía residuos de o,p-'DDT, p,p-'DDT, y p,p-'DDE y 13.8 ug de gamma-BHC (Olea, 2001).

En un estudio realizado en el país Vasco se analizaron 160 muestras de alimentos de los cuales resultaron positivas un 21% para DDE, que fue encontrado en pescado, huevos, productos lácteos; un 17% para HCH, que fue encontrado en leche y productos lácteos, carne, cereales, huevo, niveles altos en pan, y por último, un 15% para el HCB, que fue encontrado en huevos, carne y productos lácteos (Urieta, 1996)

El hígado animal y los productos lácteos han sido señalados como las principales fuentes de exposición alimentaria a organoclorados en humanos, cifrándose entre 60 y 85% del consumo diario (Olea, 2001).

Estos estudios demuestran la afinidad de los plaguicidas en la grasa de los alimentos y que es esta la principal fuente de exposición.

Incluso en la leche pasteurizada, se observó que la mayoría de las muestras contenían uno de los isómeros del grupo HCH y el 13% de las muestras analizadas, exceden el límite máximo de residuo recomendado por la Unión Europea.

También se han realizado estudios de residuos de plaguicidas en alimentos vegetales, por ejemplo, aquellos que investigan la presencia de organoclorados en vegetales: Tomates y habas verdes en los invernaderos.

Respecto a esto, el reporte anual de la Unión Europea del 2001 menciona la frecuencia de residuos vegetales con Endosulfán, ya que este se encuentra en más del 16% de las muestras, aunque sus valores rara vez superan los límites máximos de residuos establecidos.

También en Egipto y Estados Unidos se han realizado estudios en la dieta de la población, encontrando principalmente residuos de plaguicidas organoclorados, aunque también detectaron que en la mayoría de las muestras, los plaguicidas se encuentran dentro de los límites permitidos (Alan, 2002).

2.4.2.1. PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN ALIMENTOS EN MÉXICO.

De acuerdo a la información disponible; en México, como en la mayor parte del mundo, los compuestos organoclorados son los principales plaguicidas contaminantes en los alimentos. Esto puede deberse a su persistencia y/o a su uso generalizado en el pasado y actualmente, aunque en menor cantidad.

Ocasionalmente se han encontrado residuos de plaguicidas organofosforados en los alimentos, pero estos también exigen un adecuado monitoreo, ya que tienen una toxicidad aguda mayor en los mamíferos, que los organoclorados.

Entre los plaguicidas organoclorados derivados del hexaclorociclohexano (HCH), de los ciclodiénicos y los aromáticos, el γ -HCH, el epóxido de heptacloro y el DDE han sido considerados los más persistentes por sus características moleculares y metabólicas (Albert, 1996). Algunos de ellos sufren biotransformaciones dentro de los organismos vivos y se convierten en productos que aumentan su capacidad tóxica.

Dichas estructuras son muy estables y se degradan poco y por esta razón permanecen intactas por largos periodos; por ejemplo, se ha calculado que la vida media del dieldrín es de 6 años, para el DDT de 16 a 20 años y en el suelo y sedimentos del río pueden alcanzar 46 años, por estos motivos, se consideran a los organoclorados como los más persistentes:

Anteriormente, los compuestos organoclorados fueron utilizados en la producción de algodón de manera excesiva, con el tiempo este cultivo fue menos redituable, y entonces estas tierras se utilizaron para producir alimento para animales, como el sorgo y la alfalfa, lo que puede explicar su entrada a la cadena alimenticia hasta llegar al humano.

Actualmente, los plaguicidas organofosforados son el tipo más importante de insecticida utilizado en los países en desarrollo, y probablemente, su demanda se duplique.

Las principales clases de plaguicidas responsables de envenenamientos agudos en ciertos países en desarrollo son los insecticidas organofosforados. En China se ha calculado 78.8 %, en Sri Lanka 69.1% y de 3 millones de

envenenamientos agudos por año, de los cuales 220 000 son mortales, el 99% sucede en países en vías de desarrollo (Prado, 2002)

En México, son pocos los estudios sobre la presencia de residuos de organoclorados en los vegetales.

Se han realizado estudios de residuos de plaguicidas en alfalfa. En estos estudios predominaron HCH, DDT y sus derivados. (Albert, 1975)

Otro producto sin duda alguna, de primera importancia mundial es la posible contaminación de la leche y de los productos elaborados con ella, respecto a esto, la organización mundial de la salud, declaró, que la leche no debía contener ninguno de estos residuos.

En este producto se han realizado más estudios. En 1971, la Federación Internacional de la Lechería consultó a los expertos sobre la identificación de los compuestos más peligrosos y prevaleció el contenido de plaguicidas organoclorados y sus derivados, actualmente su uso ha disminuido, pero su presencia permanece, como lo demuestran los estudios realizados posteriormente.

En los estudios realizados en la ciudad de México, la Comarca Lagunera y en la zona de el Soconusco respectivamente. Los compuestos encontrados fueron HCH, DDE ,DDT, dieldrín. En este estudio se concluyó que las muestras de la leche de la comarca lagunera estaba más contaminada con estos residuos que las muestras de otras partes (Albert, 1975) .

Posteriormente compararon estos resultados con los obtenidos en estudios en Canadá y Alemania y los residuos de DDT fueron muy superiores a los de estos países.

Esto lo atribuyeron a que esta región por mucho tiempo fue la principal productora de algodón en el país. Por esta razón, seleccionaron esta región para otro estudio en 1987.

Estudios más recientes se realizaron en la ciudad de México, en leche pasteurizada, en este artículo resumen que los productos lácteos están frecuentemente contaminados con plaguicidas organoclorados, encontraron en las muestras, Aldrín, Dieldrín, Heptacloro, Endrín, DDT y sus metabolitos, epóxido de heptacloro (Noa, 1998).

Otro estudio se realizó en Guadalajara en leche expendida en esta ciudad, se analizó leche cruda y leche pasteurizada. Los plaguicidas que se encontraron fueron Lindano, Hexaclorociclohexano, Aldrín, Dieldrín, Heptacloro y Hepóxido de heptacloro, Endrín y DDT, más sus metabolitos. Las concentraciones en general fueron irrelevantes, a excepción de Aldrín, Dieldrín, Heptacloro y Endrín que sobrepasaron el límite máximo de residuos fijados por la OMS como permisibles.

Los estudios en queso, que se realizaron en la ciudad de México, la comarca Lagunera y la zona del Soconusco, concluyeron que los residuos de organoclorados encontrados en mayor cantidad fueron, p,p',-DDT y sus productos de transformación p,p', -DDE y p,p',-DDD, aquí observaron que los residuos de p,p',-DDT fueron menos frecuentes, en los siguientes estudios se encontraron solamente en 18.2 y 30% de las muestras, en contraste a lo encontrado 10 años antes cuando estos fueron mucho más frecuentes. Esto lo asociaron con las acciones de regulación del gobierno y nuevamente encontraron que la Comarca Lagunera es la zona más contaminada (Albert, 1987).

Respecto al huevo en los estudios reportados, observaron la tendencia a desaparecer de los residuos de Endrín y Dieldrín en recientes años, pero en cambio, los residuos de epóxido de heptacloro tienden a aparecer y, la concentración de p,p'-DDT fue bajo.

En la carne de pollo también se encontraron altas concentraciones de Dieldrín, Endrín y p,p'-DDT, esto lo atribuyeron a la contaminación del suelo, que anteriormente fue utilizado para el cultivo de algodón. .

En el pescado en un estudio en la ciudad de México se observó que la carpa y el charal tenían cantidades excesivas de residuos de plaguicidas organoclorados. En un segundo estudio realizado en Río Blanco Veracruz se confirmó la contaminación de los pescados por plaguicidas. (Albert y Figueroa, 1985).

Estos resultados mostraron la alta contaminación de aguas superficiales en México y que estos podían afectar la salud de la población que los consume.

En un estudio más reciente se reveló que el 21% de las frutas y verduras que se venden en el supermercado y otros lugares o negocios del país están contaminados por plaguicidas . Los plaguicidas fueron encontrados en las cáscaras. En el caso del durazno se encontraron 7 pesticidas simultáneamente. También se descubrió que algunos productos son rociados con cantidades exageradas que violan las normas sanitarias.

Respecto a esto último, en diversas investigaciones se han detectado diferentes compuestos en los productos y atribuyen esta práctica a una estrategia para evitar la resistencia de las plagas. Esto puede repercutir, ya que una vez que las plagas son resistentes, por lo general los campesinos aplican a sus cosechas cantidades mayores de plaguicidas o compuestos más tóxicos (Macneil, 1998; INE-1999).

III. CONCLUSIONES

En general, las investigaciones realizadas en México sobre plaguicidas , en comparación con otros países como España y Estados Unidos, todavía son escasas, por lo tanto, existen vacíos en la información disponible.

En México, sobresalen la presencia de residuos de plaguicidas en leche, huevo, fruta, hortalizas y leche materna y de los plaguicidas más persistentes se incluyen al hepóxido de heptacloro y al DDE. Sin embargo los estudios son insuficientes para definir realmente los daños que puedan causar los productos mencionados y en consecuencia, el control es más complicado. Es importante señalar, que no se ha realizado en el país un estudio de residuos de plaguicidas en dieta, como en el caso de España, Estados Unidos, Cuba entre otros.

Cabe destacar, que probablemente las investigaciones sobre plaguicidas son insuficientes porque los análisis son caros y requieren de una infraestructura considerable y gastos fuertes de operación.

Es indiscutible la necesidad de utilizar estos productos, sin embargo, siendo México uno de los principales consumidores de plaguicidas en América Latina, y con el seguimiento epidemiológico actual, vale la pena revisar los aspectos legales y sanitarios ya que siendo sustancias creadas para ser tóxicas, el impacto en la salud de la población directa o indirectamente expuesta puede ser significativo.

La responsabilidad de proporcionar a la población alimentos inocuos es del gobierno y de los productores, en el primer caso, el gobierno debe verificar que los lineamientos para el manejo, uso, producción, transporte, de los plaguicidas sea el adecuado, sin embargo, esto solamente es inspección, por lo que no se detectan las causas que originan el problema.

En el caso de los productores, estos son directamente responsables de la inocuidad de los productos, ya que siendo el que controla o no el proceso, puede detectar las fallas , prevenirlas o en su caso corregirlas. Para esto es necesario las buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas de higiene y sanidad y analizar la factibilidad de implementar el ARICPC, para analizar los puntos críticos en el proceso de producción y su control.

También es requisito importante la capacitación para el uso de los nuevos plaguicidas, ya que al ser los organofosforados los más utilizados actualmente, existe un gran riesgo, si no se aplican adecuadamente, y si no se respeta el intervalo de seguridad.

Además se deben tomar en cuenta los cambios en los hábitos de consumo de la población, por ejemplo ahora los consumidores prefieren alimentos frescos, lo cual trae como consecuencia un mayor riesgo y una mayor necesidad de regulación, al no existir procesos posteriores que disminuyan los peligros que se pueden presentar. Es importante señalar que los plaguicidas pueden permanecer en los alimentos en su forma activa aún después de ser cocinados o ingeridos.

Es necesario que se controlen desde la producción, ya que los residuos de plaguicidas no pueden ser detectados por la población de una forma simple, Sin embargo se pueden tomar medidas de seguridad como el correcto lavado, eliminar las cáscaras del alimento, y someterlos a una adecuada cocción.

Empíricamente se deduce que los riesgos asociados al uso inadecuado de los plaguicidas ha disminuido, sin embargo, para verificar y sustentar esto, hacen falta más estudios que permitan corroborar que las acciones implementadas hasta ahora han sido eficaces.

La creación de nuevas normas y comisiones como la COFEPRIS y la CICOPLAFEST, reflejan un avance en la regulación de el uso de los plaguicidas. Sin embargo, la segunda, hasta el momento ha sido más orientada hacia los trámites burocráticos de registro de plaguicidas.

En resumen, es necesario mejorar la vigilancia sistemática (monitoría) a través de muestreo de alimentos en los mercados, realizar estudios en la dieta para estimar la ingestión de residuos a través de esta, la supervisión estricta de los alimentos importados y de estudios en humanos de diferentes lugares, para conocer la situación más objetiva del país y verificar si las acciones implementadas han funcionado.

IV. BIBLIOGRAFÍA

- Alan, R.C. 2002. Unit to unit variability of pesticide residues in fruit and vegetables. *Food Additives and Contaminants*. 8: 733-747.
- Albert, L.A. 1996. Persistent pesticides in México. *Rev. Environ Contam Toxicol*. 147:1-46.
- Albert, L.A. , and M.J. Reyes. 1975. Pesticide residue problems in Mexico. *Rev. Soc. Quim. Méx.* 19 (5): 217.
- Albert, L.A., and R. Reyes .1975. Organochlorine pesticide residues in milk and milk products in México. *Rev. Soc. Quim. Méx.* 19 (5):215
- Albert, L.A., and A. Figueroa. 1985. Evaluación preliminar de la contaminación por organoclorados y ftalatos en organismos del Río Blanco, Veracruz. *Rev. Soc. Quim., Méx.* 29(4): 198.
- Albert, L.A. , and L. Alpuche. (1987). Determinación de plaguicidas organoclorados en quesos de la Comarca Lagunera, México. *Toxicología*. 1:61-85.
- Ames, R.G. 2002. Pesticide impacts on communities an schools. *International Journal of toxicology*. 21: 397-402.
- Arias, J. 1990. Plaguicidas Organoclorados. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Emetepec, Estado de México.
- Cebrián, M. 1998. Efectos de los plaguicidas sobre la función reproductiva humana: una asignatura pendiente. *Avance y Perspectiva*. 17: 205-213.
- Cheftel, J.C., y H. Cheftel. 1999. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 160 p.
- CICOPLAFEST. 1998. Catálogo oficial de plaguicidas. Generalidades sobre plaguicidas. México. D.F.
- Cliver, D. 1990. Foodborne diseases. Academic Press INC. United States of America .171 p
- CODEX ALIMENTARIUS. 1998. Código internacional recomendado. Revisado de prácticas . Principios generales de higiene de los alimentos y anexo.
- Córdoba, P.D. 2001. Toxicología. (4ta. Edic). Editorial El Manual Moderno. Bogotá Colombia. 107 p.

- Dowling, K .C., and J.N. Seiber. 2002. Importance of respiratory exposure to pesticides among agricultural populations. *International Journal of toxicology*. 21: 371-381.
- Dogheim, S.M., E. Salama, A. Gadalla, and M. Nabil. 2002. Monitoring of pesticide residues in Egyptian fruits and vegetables during 1997. *Food Additives and Contaminants*. 11: 1015-1027.
- Duran, J., y J Collí. 2000. Intoxicación aguda por plaguicidas. *Salud Pública de México*. 42:53-55.
- Harris, C., A. Hay. 2002. Organochlorine pesticides residues in breastmilk: difficulties in sample collection and assessing intakes. *Food Additives and Contaminants*. 6: 547-554
- Helferich, W., and K. Winter. 2001. *Food Toxicology*. Edit. CRC. United States of America. 203 p.
- Henao, H. S. 1991. Plaguicidas inhibidores de la colinesterasa. Centro Panamericano de Ecología humana y Salud. OPS/OMS. Emetepec, Estado de México.
- Hodges, L. 2000. Estrogenic effect of organochlorine pesticides on uterine leiomyoma cells in vitro. *Toxicological Sciences* . 54: 355-364.
- INE-SEMARNAP México. 1999. Plaguicidas y especies resistentes. *Gaceta Ecológica*. 51: 14.
- Keefe, M., and O. Kennedy . 1998. Residues – A food safety problem?. *Journal of Food Safety* . 18:297-319.
- Kremlin, R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Editorial Limusa. México D.F.
- Lagunes, T. A. 1992. Notas del curso de toxicología y manejo de insecticidas. Centro de entomología y acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Lagunes, T. A., M.J. Rodríguez. 1991. Grupos toxicológicos de insecticidas y acaricidas . Centro de Entomología y Acaricidas. México.
- Lagunes, Tejada, Rodríguez Maciel J.1991. Temas selectos de manejo de insecticidas agrícolas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Linder, E.1995. Toxicología de los alimentos. (2da Edición). Editorial Acribia. Zaragoza, España. 199 p.

- Macneil, J. D. 1998. Residue Testing and Control Strategies. *Journal of Food Safety*. 341-354.
- Methner, M. 1996. Pesticide exposure during greenhouse applications. Variable exposure due to ventilation conditions and spray pressure. *Appl. Occup, environ. HYG* 11 (3) : 174-80.
- National Academy of Sciences. 1986 Control de plagas de plantas y animales. Efectos de plaguicidas en la fisiología de frutas y hortalizas. 6. Editorial Limusa. México D.F.
- Noa, P.M. 1998. Residuos Químicos en Leche: Importancia y problemática actual. UAM-X. Ciudad de México, México. P55
- Nriagu, J. 1990. Food contamination from Environmental Sources. Environmental contaminants in mexican food. John Wiley & Sons, INC. United States of America. 541 p.
- Olea, N., y M. Fernández. 2001. Plaguicidas persistentes. Congreso : Implementación del convenio de contaminantes orgánicos persistentes. Laboratorio de investigaciones médicas, Hospital Clínico Universidad de Madrid.
- Ortega, C.J., F. Espinoza, L. López. 1994. El control de los riesgos para la salud generados por los plaguicidas organofosforados en México: Retos ante el tratado del libre comercio. *Salud Pública de México*. 36 ,6:624-632.
- Ortega, C. J., T. Carreón T,L. López, R. Chávez, y M. Hernández. 1993. La investigación en México sobre el impacto en la salud de los plaguicidas y por los contaminantes químicos ambientales . *Salud Pública de México*. 35: 585-591.
- Palacios, M., R. Paz, S. Hernández , y L. Mendoza. 1999. Sintomatología persistente en trabajadores industrialmente expuestos a plaguicidas organofosforados. *Salud Pública de México* . 41:55-61.
- Prado, F.G., R. Carabias, E. Rodríguez, y E. Herrero. 2002. Presencia de residuos y contaminantes en leche humana. *Rev. Esp. Salud Pública*. 76:133-147.
- Prado, F.G., R.I. Méndez , GG. Díaz, P.M. Noa, L.S. Vega , y C.M. Pinto. 2001 Factores de participación en el contenido de plaguicidas organoclorados persistentes en una población suburbana de la ciudad de México. *Agro Sur*. 2: 29 .
- Restrepo, I. 1992. Los plaguicidas en México. Comisión Nacional de Derechos Humanos. México D. F. 119 p.

- Rees, N., and D. Watson. 2000. International standards for food safety. An Aspen Publications . United States of América . 27 p.
- Urieta, I.M. JIón, and L. Egueilar .1996. Food surveillance in the Basque country (Spain). I. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides. Heavy metals, Arsenic, Aflatoxin, Iron and zinc through the total diet Study, 1990-1991. Food Add. Contam. 13 (1): 29-52.
- Vega, B. L, V.J. Arias D.T. Conill y V.M. González. 1997. Uso de plaguicidas en Cuba, su repercusión el medio ambiente y la salud.Rev Cubana Aliment Nutr. 11(2):111-116.
- Waliszewski, M.S., A.A. Aguirre, M.R. Infanzón, and J. Siliceo.2000. Carry-over of persistent organochlorine pesticides through placenta to fetus . Sal. Púb. De Méx. 42(5): 384-390
- Wilson, B., J. Henderson, and A. Ramírez. 2002. Standardization of clinical Cholinesterase measurements. International Journal of Toxicology .21:385-388.
- Yano, B., J. Young, and J. Mattson. 2000. Lack of carcinogenicity of Chlorpyrifos insecticide in a hig-dose 2 – year dietary toxicity study in fischer 344 rats. Toxicological Sciences. 53: 135-144.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

Plaguicidas producidos actualmente en cantidades superiores a 1000 Tm/año (HPV) o persistentes, que por su carácter tóxico sobre el sistema endocrino han sido señalados para estudio por el Comité de Expertos en Disrupción Endocrina de la Unión Europea (European Workshops on Endocrine Disrupters; Jun 18-20; Aronsborg, Sweden. European Comisión;2001).

Plaguicida	HPV	Persistencia	ED Categoría	Grupo
Carbendazima	✓		2	II
Aldrín		✓	2	II
Clordano		✓	1	I
Dieldrín		✓	2	II
Endosulfán	✓	✓	2	II
Endrín		✓	2	II
Kepona		✓	1	I
Mirex		✓	1	I
Toxafeno		✓	1	I
Nonaclor		✓	3	III
2,4 D	✓		2	II
Procloraz	✓		2	II
DDT		✓	1	I
Dicofol	✓		2	II
Iprodiona	✓		2	II
Vinclozolina	✓		1	I
Maneb	✓		1	I
Metám sodio	✓		1	I
Tiram	✓		1	I
Zineb	✓		1	I
Ziram	✓		2	II
Lindano	✓		1	I
Diurno	✓		2	II
Linurón	✓		1	I
Diazinón	✓		2	II
Dimetoato	✓		2	II
Fentión	✓		3	III
Malatión	✓		2	II
Paratión	✓		2	II
Aminotriazol	✓		1	II
Atrazina	✓		1	I
Simazina	✓		2	II
Triadimefón	✓		2	II

Alacloro	✓		1	I
Dibromoetano	✓		3	III
Heptacloro		✓	2	II
Bromoetano	✓		2	II
Nitrofenol	✓		1	II
Paracuat	✓		3	III
Propanil	✓		2	II

HPV: Volumen de producción superior a 1.000 Tm año: Grupo I: Evidencia de disrupción endocrina (Categoría I) y alto nivel de exposición en humanos o animales. Grupo II: Ya sea con evidencia de disrupción endocrina (Categoría I) con niveles medios de exposición o con sospecha de disrupción endocrina (Categoría 2); Grupo III: Ya sean con evidencia de disrupción endocrina (Categoría 1) y con bajos niveles de exposición, o con ausencia de datos sobre su disrupción endocrina (categoría3).

APÉNDICE 2

ALGUNAS INTOXICACIONES Y MUERTES POR PLAGUICIDAS REPORTADOS EN MÉXICO: ETAS

Año	Lugar	Número de intoxicados	Total de muertes	Observaciones
1967	Tijuana, B.C.N	559	16	Harina de trigo contaminada con paratión al transportarse.
1980	El Varal, Mpio. De Abasolo, Guanajuato	6	1	Ingestión de jitomate contaminado con paratión.
1980	Banderas, municipio de Tuxpan, Veracruz	14	1	Agua almacenada en envases vacíos de plaguicidas. Contaminada por residuos.
1984	Coatzacoalcos, Ver.	25	*	Contaminación de harina utilizada para un pastel
1984	Tenango, estado de México	20	0	Contaminación de alimentos en la escuela con funguicidas.
1987	Tepatitlán, Jalisco	200	0	Agua potable contaminada con plaguicidas y fertilizantes.

(*) se desconoce Fuentes: Restrepo Ivan, los plaguicidas en México.

APÉNDICE 3

PLAGUICIDAS PROHIBIDOS

La importación, fabricación, formulación, comercialización y uso de los siguientes plaguicidas, han sido prohibidos en México, conforme al diario oficial de la federación del 3 de enero de 1991.

Acetato o propionato de fenil	Erbon
Mercurio	Formotion
Acido 2,4,5-T	Fluoracetato de sodio (1080)
Aldrin	Fumisel
Cianofos	Kepone/Clordecone
Cloranil	Mirex
DBCP	Monuron
Dialifor	Nitrofen
Dieldrin	Schradan
Dinoseb	Triamifos
Endrin	

La comercialización y uso de los siguientes plaguicidas han sido prohibidos en México:

BHC	Toxafeno
EPN	Sulfato de Talio
Paration Etilico	

DDT por su alto riesgo para la salud humana, su elevada persistencia y sus propiedades de bioacumulación, este plaguicida solo podrá ser utilizado por las dependencias del ejecutivo en campañas sanitarias.

APÉNDICE 4

CONCENTRACIONES PARA PLAGUICIDAS EN ALGUNOS ALIMENTOS.

PLAGUICIDA	IDA mg/kg	DL ₅₀ RATA ORALmg/kg	TOLERANCIA	
			ALIMENTOS	Mg/kg
DDT	0.005	300	Frutas blandas, manzana vegetales, carnes y aves	7.0
Dieldrín (aldrín)	0.0001	40	Fresa, raíces, nueces	1.0
			Papa	0.2
			Vegetales, fruta (no cítricos)	0.1
			Cítricos	0.05
			Arroz Integral	0.02
Lindano γ -HcH	0.0125	200	Cereales	0.5
			Vegetales, cerezas, uva, ciruela , fresas	3.0
			Grasa animal	2.0
Malation	0.02	1.500	Harina, manzana, vegetales, frutae	2.0-8.0
Paratión	0.005	10	Fruta fresca y vegetales	0.5-1.0
Diclorvos	0.004	100	Leche, derivados cárnicos, fruta, cereales	0.1-5.0
Carbaril	0.01	560	Frutas y vegetales	5.0-10.0

Fuente: Extraído del Codex Alimentarius

APÉNDICE 5

05-23-95 NORMA Oficial Mexicana NOM-021-ZOO-1995, Análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, por conducto de la Dirección General Jurídica, con fundamento en los artículos 1o., 3o., 4o. fracción III, 12, 13, 21, 22, 31 y 32 de la Ley Federal de Sanidad Animal; 38 fracción II, 40, 41, 43 y 47, fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 35, fracción IV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 10, fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; y

CONSIDERANDO

Que el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases, se establece con el fin de asegurar a los consumidores el suministro de alimentos que no rebasen los límites máximos permisibles de este tipo de productos.

Que el consumo de alimentos contaminados de origen animal implica diversos riesgos para la salud, que dependen de la presencia de los residuos nocivos.

Que entre los beneficios que reporta el hecho de aplicar las pruebas que permiten la detección de este tipo de residuos, se encuentra el de participar con mayor confianza en el comercio internacional de alimentos, contando de esta forma con las bases suficientes para certificar la inocuidad de los productos alimenticios cárnicos, tanto importados como exportados.

Que en virtud de que dentro del término de 90 días a que se refiere la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los interesados no presentaron comentarios al proyecto, las disposiciones del mismo han resultado procedentes en sus términos.

Que para conseguir los propósitos enunciados, he tenido a bien expedir la NOM-021-ZOO-1995, ANALISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS Y BIFENILOS POLICORADOS EN GRASA DE BOVINOS, EQUINOS, PORCINOS, OVINOS Y AVES POR CROMATOGRAFIA DE GASES.

INDICE

- 1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION**
- 2. REFERENCIAS**
- 3. DEFINICIONES**
- 4. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS**
- 5. FUNDAMENTO**
- 6. EQUIPO**

7. REACTIVOS, SOLUCIONES Y MATERIALES
8. ESTANDARES
9. PROCEDIMIENTO DE EXTRACCION
10. PROCEDIMIENTO DE CUANTIFICACION
11. INFORME DE RESULTADOS
12. SANCIONES
13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES
14. BIBLIOGRAFIA
15. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

1. Objetivo y campo de aplicación

1.1. Objetivo

Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene por objeto establecer el método de prueba para la detección y cuantificación de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa animal de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves.

1.2. Campo de aplicación

Esta Norma se aplica a los laboratorios de análisis de residuos tóxicos en tejidos alimenticios primarios de origen animal, que hayan sido aprobados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural.

1.3. La vigilancia de esta Norma corresponde a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, así como a los gobiernos de los estados, en el ámbito de sus respectivas atribuciones y circunscripciones territoriales, de conformidad con los acuerdos de coordinación respectivos.

1.4. La aplicación de las disposiciones previstas en esta Norma compete a la Dirección General de Salud Animal, así como a las delegaciones estatales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, en el ámbito de sus respectivas atribuciones y circunscripciones territoriales.

2. Referencias

Para la correcta aplicación de esta Norma deben consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas:

NOM-003-ZOO-1994, Criterios para la Operación de Laboratorios de Pruebas Aprobados en Materia Zoonosanitaria, publicada el 28 de abril de 1994.

NOM-004-ZOO-1994, Control de Residuos Tóxicos en Carne, Grasa, Hígado y Riñón de Bovinos, Equinos, Porcinos y Ovinos, publicada el 11 de agosto de 1994.

NOM-008-SCFI-1993 Norma Oficial Mexicana. Sistema General de Unidades de Medida, publicada el 14 de octubre de 1993.

3. Definiciones

Para efectos de esta Norma, se entiende por:

3.1. Coeficiente de correlación: Es la relación nominal, teórica o de una unidad evidente, entre una variable y otra, que hace mínima a la suma de los cuadrados de las desviaciones de la primera con respecto a su proporcionalidad con la segunda.

Con proporcionalidad exacta el coeficiente es 1, si no existe ninguna relación es cero. La proporcionalidad inversa completa proporciona un valor de -1.

3.2. Cromatografía de gases: Es una técnica analítica que permite la separación física de dos o más compuestos, basada en la diferente distribución en dos fases, una de las cuales es estacionaria sólida o líquida y la otra móvil, en fase gaseosa.

3.3. Muestra fortificada: Es un tejido blanco que ha sido adicionado de una concentración conocida del analito.

3.4. Recuperación (R): Es el porcentaje del elemento o compuesto de interés (analito) obtenido en la muestra fortificada (MF), calculado en función de la cantidad real adicionada (C.A.)

$$R = \frac{MF \times 100}{CA}$$

3.5. Tejido blanco: Es una muestra de tejido previamente analizada, que no contiene al analito o puede contenerlo en cantidades menores al límite máximo de residuos.

4. Símbolos y abreviaturas

cm	centímetro
g	gramo
G.R.	grado reactivo
h	hora
l	litro
m	metro
mg	miligramo
min	minuto
ml	mililitro
mm	miliméetro
ppm	partes por millón
ppb	partes por billón
s	segundo
sol.	solución
µg	microgramos
µl	microlitros
%	porciento

5. Fundamento

La técnica se basa en la obtención de los lípidos por calentamiento a partir del tejido graso; los hidrocarburos clorados son extraídos y purificados por cromatografía en columna, usando como fase estacionaria alúmina parcialmente desactivada y como fase móvil un solvente no polar adecuado.

El eluato obtenido se concentra y una alícuota se inyecta al cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones, para realizar la identificación y cuantificación de los plaguicidas organoclorados y de los bifenilos policlorados.

6. Equipo

6.1. Aparatos

- Balanza analítica.
- Balanza granataria.
- Baño de vapor.
- Evaporador de nitrógeno.
- Homogeneizador.
- Horno.
- Mufla.
- Rotavapor.

6.2. Instrumentos

- Cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones.

7. Reactivos y materiales

7.1. Reactivos

- Acetona, grado cromatográfico.
- Acido nítrico G.R.
- Agua destilada.
- Alúmina neutra, grado de actividad 1, mallas 80/200 o equivalente.
- Bencina de petróleo, grado cromatográfico o pesticida.
- Hexano, grado cromatográfico o pesticida.
- Parametoxiazobenceno G.R.

7.1.1. Preparación de reactivos

- Acido nítrico al 50%. - Diluir 50 ml de ácido nítrico G.R. a 100 ml con agua destilada.

- Alúmina neutra tratada.- Colocar la alúmina en un recipiente abierto, en una mufla a 800°C durante un tiempo mínimo de 4 h; conservar en un horno a 130°C en el recipiente abierto. Desactivar, enfriando a temperatura ambiente en un contenedor cerrado, destapar y agregar un porcentaje en peso de agua, el cual ha sido previamente determinado para dar de 80 a 110% de recuperación (del 5 al 7% aproximadamente) usando la columna de interés; tapar, agitar vigorosamente y dejar