



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA**

---

---

**Determinación de plaguicidas  
organoclorados (POC) en niños residentes  
del Ejido Guadalupe Victoria, Valle del  
Yaqui, Sonora.**

**TITULACIÓN POR TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA BIOTECNÓLOGA**

**PRESENTA**

**PAULINA TAPIA QUIRÓS**

**CD. OBREGÓN, SONORA**

**DICIEMBRE DE 2006**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios y la Virgen por guiar siempre mis pasos, cuidarme y por regalarme la vida.*

*A mi familia, por estar siempre conmigo, por su apoyo económico y cariño.*

*A mi asesora Maria Mercedes Meza Montenegro, por su orientación y toda la ayuda y confianza puestas en mí, por sus consejos y por su tiempo.*

*A mis revisores: Ma. Guadalupe Aguilar, Anacleto Félix y Raúl Holguín; por su confianza y apoyo.*

*A Blanca Lorenia Reyes Blanco por su asesoría y ayuda brindadas a lo largo de mi estancia en el laboratorio de análisis especiales.*

*A mis maestros por su enseñanza a lo largo de mis estudios y por ayudarme a crecer como profesionista.*

*A Dulce, Mario y Helga por su ayuda y compañía.*

*A mis compañeros y amigos con los que he compartido mi carrera profesional, por todos los momentos buenos así como aquellos malos en los que estuvieron siempre presentes con su apoyo y amistad.*

*A mi novio Rigoberto, por creer en mí y por todo su cariño.*

*Como agradecimiento especial a la M. en C. Patricia Grajeda Cota y a la Dra. Ana Isabel Valenzuela Quintanar, del Depto. de Ciencia de los alimentos del CIAD, por la valiosa ayuda brindada ya que sin ella no hubiese podido concluir el estudio.*

*A todos los participantes de la investigación que gracias a su cooperación y disponibilidad fue posible la realización del presente trabajo de titulación.*

## ÍNDICE

|  | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN.....   | 1    |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 3    |
| 1.1 Justificación.....   | 4    |
| 1.2 Hipótesis.....   | 5    |
| 1.3 Objetivo general.....  | 5    |
| 1.3.1Objetivos específicos.....                                    | 5    |
| 1.4 Antecedentes.....  | 6    |
| 1.5 Estudios realizados en el Valle del Yaqui, Sonora.....         | 7    |
| 1.6 Limitaciones del estudio .....                                 | 9    |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....                                    | 10   |
| 2.1 Definición.....  | 10   |
| 2.2 Usos.....  | 10   |
| 2.3 Clasificación de los plaguicidas.....                          | 11   |
| 2.4 Plaguicidas organoclorados.....                                | 13   |
| 2.4.1 DDT y análogos.....  | 14   |
| 2.4.2 Metoxicloro.....   | 14   |
| 2.4.3 HCH y lindano.....   | 15   |
| 2.4.4 Compuestos diénicos clorados.....                            | 15   |
| 2.4.4.1 Aldrín.....  | 15   |
| 2.4.4.2 Dieldrín.....  | 16   |
| 2.4.4.3 Endrín.....  | 16   |
| 2.4.5 Heptacloro.....  | 16   |
| 2.5 Proceso de distribución de agroquímicos.....                   | 16   |
| 2.6 Problemas planteados por el desarrollo de los plaguicidas..... | 17   |
| 2.6.1 Desequilibrios ecológicos.....                               | 17   |
| 2.6.2 Resistencia.....   | 17   |

|   |    |
|---|----|
| 2.6.3 Toxicidad.....  | 18 |
| 2.6.4 Efectos sobre la salud humana.....  | 18 |
| 2.6.4.1 Efectos inmediatos.....   | 18 |
| 2.6.4.2 Efectos a largo plazo.....  | 19 |
| 2.6.4.3 Vías de intoxicación por plaguicida.....                                      | 21 |
| 2.7 Generalidades sobre la sangre.....  | 22 |
| 2.8 Determinación de plaguicidas organoclorados por cromatografía de gas-líquido..... | 22 |
| 2.8.1 Fundamento.....   | 23 |
| 2.8.2 Sistema esquemático de un cromatógrafo de gases.....                            | 23 |
| 2.8.2.1 Gas portador.....   | 23 |
| 2.8.2.2 Puerta de inyección.....  | 23 |
| 2.8.2.3 Columna.....  | 24 |
| 2.8.2.3.1 Temperatura.....  | 24 |
| 2.8.2.4 Detector.....   | 24 |
| 2.8.2.5 Integrador y registrador.....   | 25 |
| 2.9 Validación de métodos analíticos.....   | 26 |
| 2.9.1 Exactitud.....  | 26 |
| 2.9.2 Precisión.....  | 27 |
| 2.10 Medidas de seguridad para el buen uso y manejo de plaguicidas....                | 27 |
| 2.10.1 Técnicas de aplicación segura.....   | 28 |
| <br>  |    |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 30 |
| 3.1 Lugar de muestreo.....  | 30 |
| 3.2 Entrevista y formas de consentimiento.....  | 31 |
| 3.3 Aplicación de cuestionarios.....  | 31 |
| 3.4 Muestreo.....   | 32 |
| 3.5 Limpieza del material de vidrio.....  | 33 |
| 3.6 Procedimiento para la separación del suero.....                                   | 34 |
| 3.6.1 Extracción.....   | 36 |
| 3.7 Preparación de estándares.....  | 39 |

|   |    |
|---|----|
| 3.8 Preparación de la curva estándar.....                 | 39 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                           | 41 |
| 4.1 Características demográficas de los niños.....        | 41 |
| 4.2 Estandarización de la metodología.....                | 43 |
| 4.2.1 Exactitud.....                                      | 43 |
| 4.2.2 Límite de detección y límite de cuantificación..... | 43 |
| 4.2.3 Linealidad.....                                     | 44 |
| 4.3 Análisis cualitativo.....                             | 45 |
| 4.4 Análisis cuantitativo.....                            | 46 |
| 4.5 Elaboración de material educativo para niños.....     | 49 |
| CONCLUSIONES.....   | 50 |
| RECOMENDACIONES.....                                      | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA.....   | 52 |
| ANEXOS.....   | 55 |

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

| Tabla  | Pág. |
|--|------|
| 1. Clasificación de plaguicidas.....   | 11   |
| 2. Clasificación de la Organización Mundial de la Salud.....   | 13   |
| 3. Algunos ejemplos a largo plazo de los plaguicidas sobre la salud humana.....  | 19   |
| 4. Condiciones de operación del cromatógrafo de gases.....   | 40   |
| 5. Características demográficas de los niños.....  | 41   |
| 6. Factores asociados a la presencia de plaguicidas en los niños.....  | 42   |
| 7. Parámetros de validación del método para extracción de POC en suero sanguíneo.....  | 44   |
| 8. Tiempos de retención.....   | 46   |
| 9. Concentraciones en $\mu\text{g/L}$ o $\text{ppb}$ en las muestras de suero sanguíneo de los niños residentes del Ejido Guadalupe Victoria, Son..... | 48   |

| Figura  | Pág. |
|---|------|
| 1. Cromatógrafo de gases.....                                   | 26   |
| 2. Ubicación del Ejido Guadalupe Victoria, Valle del Yaqui..... | 30   |
| 3. Firma de la forma de consentimiento por el participante..... | 31   |
| 4. Toma del peso.....   | 32   |
| 5. Toma de la altura.....                                       | 32   |
| 6. Muestreo.....  | 33   |
| 7. Limpieza del material de vidrio.....                         | 34   |

|  |    |
|--|----|
| 8. Formación del coágulo .....   | 34 |
| 9. Separación del coágulo.....   | 35 |
| 10. Separación de las fases después de la centrifugación.....              | 35 |
| 11. Transferencia del suero.....   | 36 |
| 12. Toma de la muestra de suero.....                                       | 37 |
| 13. Adición del hexano.....  | 37 |
| 14. Muestras en agitación.....   | 37 |
| 15. Centrifugación de las muestras.....                                    | 37 |
| 16. Transferencia del extracto.....  | 38 |
| 17. Concentración del extracto.....  | 38 |
| 18. Afore del extracto.....  | 38 |
| 19. Muestra lista para la inyección al cromatógrafo.....                   | 38 |
| 20. Estándares para los POC.....   | 39 |
| 21. Gráfica de linealidad del método.....                                  | 45 |
| 22. Cromatogramas de los estándares p,p,DDE, p,p,DDT y lindano.....        | 46 |
| 23. Muestra de suero sanguíneo con la máxima concentración de p,p-DDE..... | 47 |

## RESUMEN

Los plaguicidas son sustancias químicas altamente tóxicas y persistentes en el ambiente, algunos de ellos permanecen durante muchos años sin degradarse causando trastornos en la salud de los seres vivos. Estos son ampliamente utilizados en la agricultura para el control de plagas y por el sector Salud para el combate de vectores que transmiten enfermedades endémicas. Considerando que el Valle del Yaqui es una región inminentemente agrícola y el empleo de una amplia gama de plaguicidas ha sido práctica común por más de 40 años, el objetivo de este trabajo fue identificar y cuantificar la presencia de algunos plaguicidas organoclorados (POC) en el suero sanguíneo de niños residentes del Ej. Guadalupe Victoria, para conocer el nivel de exposición a estos agroquímicos y proponer alternativas para que reduzcan su riesgo de desarrollar alguna enfermedad por contacto directo o indirecto a estos contaminantes.

En este estudio se incluyeron 21 niños (6-12 años de edad) invitados a participar voluntariamente mediante visitas domiciliarias y aplicación de cuestionarios para la obtención de información demográfica y de salud. El reclutamiento de los participantes, entrevistas, muestreo y análisis se realizó en el período comprendido de enero a noviembre del 2006. La extracción de plaguicidas en las muestras de suero se realizó acorde a la metodología de Dale y Col., modificada por la EPA, en el laboratorio de análisis especiales del ITSON, mientras que el análisis cromatográfico para la identificación y cuantificación de POC se llevó a cabo en el laboratorio de residuos tóxicos del CIAD en Hermosillo, utilizando un Cromatógrafo de Gases VARIAN modelo 3300. Para el estudio se seleccionaron 3 POC para ser analizados en las muestras; lindano, p,p-DDE y p,p-DDT en base al criterio de su persistencia y empleo histórico en la región.

La estandarización del método de análisis presentó resultados aceptables para los parámetros estudiados: la exactitud obtenida estuvo en el rango del 62.42 al

88.63 %, el coeficiente de variación presentó valores del 5.41 al 8.16%, el coeficiente de correlación ( $R^2$ ) mostró valores del 0.9650 al 0.9731 y por último los límites de detección del instrumento para los 3 plaguicidas estudiados fue de 0.0001 ppm (mg/L).

Por otra parte, en las 21 muestras analizadas sólo se detectó el p,p-DDE en el 66.66% de éstas, con un rango de concentraciones que fueron de menores a 0.1 ppb hasta 443.9 ppb ( $\mu\text{g/L}$ ). Los resultados obtenidos confirman la gran persistencia del p,p-DDE y el que su presencia en el suero de estos niños sea probablemente debida a su exposición a través del suelo, leche materna y/o algunos alimentos con alto contenido de grasa.

## I. INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas son sustancias químicas altamente tóxicas y persistentes en el ambiente. Estas permanecen durante muchos años sin degradarse causando trastornos en la salud. Son utilizados en la agricultura para el control de plagas y para el combate de aquellos vectores que transmiten diversas enfermedades endémicas que afectan al hombre.

Debido a las grandes ventajas que presentan los plaguicidas su uso se ha generalizado, la transferencia de esta tecnología a países en desarrollo cuyas condiciones; clima, sistema de irrigación, composición de suelos, variedades de plagas; son muy diferentes a los países a los que estaban destinados, dieron como resultado que con frecuencia se utilizaran en exceso, estimulando la producción de nuevos productos y más tóxicos (García, 1998).

Los plaguicidas organoclorados son compuestos muy tóxicos y debido a su estructura química son más estables, por lo tanto, los más persistentes en el ambiente, acumulándose principalmente en el tejido graso animal o vegetal (Cremlin, 1982).

Los residuos de plaguicidas y sus metabolitos en varios tejidos y fluidos biológicos son el indicativo de la carga corporal total de estos compuestos y representan su exposición reciente o en el pasado a ellos. Al hombre le es difícil percibir las alteraciones o daños que le ocasiona la exposición continua y prolongada a estas sustancias cuyas manifestaciones clínicas las asocia con el origen de otras enfermedades, generalmente respiratorias o gastroentéricas (Ramírez, 1997).

El suero sanguíneo ha servido como la elección en inspecciones diseñadas para controlar los niveles de la concentración de plaguicidas organoclorados en

poblaciones humanas. Invariablemente, las personas con exposiciones altas a estos pesticidas tienen concentraciones relativamente altas en su sangre.

La comunidad del Valle del Yaqui está propensa a este tipo de contaminación por ser una zona agrícola, es por ello que se está expuesta a este tipo de contaminantes, y es de vital importancia realizar estudios para conocer las posibles consecuencias que puedan traer a la salud y ambiente, para así contribuir a solucionar este problema.

### **1.1 Justificación**

Este estudio es de vital importancia ya que la contaminación por plaguicidas es un problema que afecta a un gran número de personas, principalmente a aquellas que viven en zonas agrícolas.

El no contar con los suficientes estudios evita que las personas estén enteradas de las posibles consecuencias que trae el estar expuestas a este tipo de contaminante y por lo tanto la falta de precauciones hacia estos.

No existe una reglamentación adecuada que prohíba y controle al tanto de las sustancias y concentraciones empleadas en los cultivos agrícolas que pueda evitar su uso.

En las diversas investigaciones realizadas en el Valle del Yaqui se comprueba la presencia de estas sustancias, por lo tanto, es necesario realizar investigaciones periódicas en las que se pueda estar al tanto del nivel en el que van aumentando estas concentraciones en las personas y que tanto va creciendo este problema para tomar las medidas de control necesarias.

En esta investigación se pretende identificar los plaguicidas organoclorados y sus concentraciones presentes en el suero sanguíneo de niños residentes del Ej.

Guadalupe Victoria para conocer su nivel de exposición y poder contribuir en su educación para que conozcan estos compuestos químicos, de tal forma de reducir esta exposición.

Este tipo de estudios podrían beneficiar a muchas personas y evitar problemas en la salud causados por estos compuestos, ya que se contaría con la suficiente información, que cree conciencia en las personas, evite su uso y exposición.

## **1.2 Hipótesis**

Los niños del Ej. Guadalupe Victoria, presentan concentraciones de plaguicidas organoclorados en su sangre, ya que se encuentran expuestos a estos contaminantes, por residir en una zona altamente agrícola.

## **1.3 Objetivo general**

Determinar la concentración de POC en suero sanguíneo de los niños residentes del Ej. Gpe. Victoria mediante cromatografía de gases, para conocer el nivel de exposición y en base a los resultados obtenidos elaborar un folleto específico para reducir la exposición.

### **1.3.1 Objetivos específicos**

- Realizar el análisis cualitativo y cuantitativo de POC en suero sanguíneo de niños residentes del Ejido Guadalupe Victoria mediante cromatografía de gases para conocer los tipos y concentraciones de los plaguicidas organoclorados presentes en ellos.
- Validar la metodología para la determinación de POC mediante las técnicas de exactitud, precisión, linealidad y límite de detección para su correcto análisis.

- Elaborar material educativo sobre POC y capacitar a los niños para reducir su exposición a estos contaminantes.

#### **1.4 Antecedentes**

Desde los albores de la civilización el hombre ha luchado continuamente para mejorar sus condiciones de vida. En su afán por producir las provisiones necesarias de alimentos, ha combatido los estragos ocasionados por plagas de insectos y por las enfermedades de las cosechas.

El azufre se conocía como preventivo de diferentes enfermedades y se empleaba para combatir los insectos antes del año 1000 a. de C. su uso como fumigante fue mencionado por Homero. Plino (79 d. de C.) recomendaba usar el arsénico como insecticida y, en el siglo XVI, los chinos ya aplicaban cantidades moderadas de compuestos de arsénico con este fin. En el siglo XVII apareció el primer insecticida natural; la nicotina, obtenida de los extractos de hoja de tabaco, que se usaba para controlar el picudo del ciruelo y la chinche de encaje. Hamberg propuso el cloruro de mercurio como preservativo para la madera (1705) y, cien años después, Prévost describió la inhibición de las esporas de añublo por el sulfato de cobre.

No fue sino hasta mediados del siglo XIX, que comenzaron a aplicarse sistemáticamente los métodos científicos en el control de plagas agrícolas.

En 1939 el Dr. Paul Müller descubrió las extraordinarias propiedades insecticidas del diclorodifeniltricloroetano o DDT y, luego del éxito inicial de las pruebas de campo realizadas en Suiza contra la catarinita del Colorado, se comenzó a comercializarlo (1943). El DDT pronto se convirtió en el insecticida más ampliamente utilizado en el mundo.

Este compuesto extermina los piojos que transmiten la tifo y es igualmente efectivo contra los mosquitos que propagan el paludismo; su uso, sin duda fue una gran ayuda para el triunfo de las potencias occidentales de la Segunda Guerra Mundial, ya que permitió que se llevaran a cabo las operaciones militares en los trópicos, en donde, si no hubiera sido por éste, el peligro de epidemias habría sido demasiado grande. Después del éxito del DDT, varios insecticidas análogos muy útiles, como el metoxicloro, fueron descubiertos y se encontró que un buen número de compuestos organoclorados de diferentes tipos eran excelentes insecticidas de contacto.

El hexacloruro de benceno (o más correctamente hexaclorociclohexano) fue preparado por primera vez por el químico inglés Michael Faraday, en 1925, aunque sus propiedades insecticidas no fueron reconocidas sino hasta 1942. Desde 1945, aproximadamente, se introdujeron varios hidrocarburos clorados derivados del ciclodieno, con propiedades insecticidas, pero su uso no se popularizó sino hasta mediados de los años cincuenta. Algunos ejemplos son el aldrín, dieldrin, heptacloro y endrín (Cremlin, 1982).

### **1.5 Estudios realizados en el Valle del Yaqui, Sonora.**

En 1979, Andrade Pérez realizó en el Valle del Yaqui y sus alrededores la detección de residuos de pesticidas en leche materna por cromatografía en capa fina encontrando compuestos organoclorados y organofosforados estos son p, p'-DDT, toxafeno, tiodán, lorsban, endrín, heptacloro y metoxicloro.

En 1980, Fregozo Gámez hizo una investigación en el Valle del Yaqui sobre la presencia de pesticidas organoclorados en diferentes tipos de leche: bronca, pasteurizada, en polvo y evaporada, detectando en todas las muestras analizadas, compuestos organoclorados (Reyes, 1990).

En 1984, Robles Ahumada analizó residuos de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizada procedente de Hermosillo, Sonora, encontrando residuos de estos compuestos, los resultados obtenidos no fueron superiores a los límites establecidos por la FAO/OMS (Reyes, 1990).

En 1989, Sainz Covarrubias realizó la determinación de plaguicidas organoclorados por cromatografía gas-líquido en moluscos bivalvos en el sistema estuarino La Atanasia Santo Domingo, Valle del Yaqui, donde se encontró la presencia de bajas concentraciones de delta-HCH, isómero de lindano, p,p'DDE (metabolito del DDT), heptacloro epóxido y endrín.

En 1990, Reyes Blanco realizó un estudio preliminar sobre la presencia de plaguicidas organoclorados en leche materna de residentes de Pueblo Yaqui, donde se encontraron residuos de aldrín, alfa-HCH, gamma-HCH (lindano), delta-HCH, DDT-técnico y p, p'-DDE, en concentraciones superiores a los límites establecidos por la FAO/OMS.

En 1991, García Bañuelos realizó un estudio de las principales fuentes de contaminación por plaguicidas en neonatos-lactantes residentes en Pueblo Yaqui, donde el 100% de las muestras presentaron la presencia de altos niveles de plaguicidas organoclorados que fueron: dieldrín, lindano, p,p'-DDE,  $\alpha$ -HCH, endrín, p, p'-DDT,  $\delta$ -HCH y BHC. Las concentraciones rebasaron los límites establecidos por la FAO/OMS.

En 1998, Soto Alvarado realizó un estudio preliminar para la determinación de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo de niños residentes del Valle del Yaqui, se estudiaron las poblaciones de: Bácum, Pueblo Yaqui, Quetchehueca y de la zona serrana de Tesopaco. Donde el 100 % de las muestras de suero sanguíneo analizadas se encontró p-p' DDT y su metabolito p-p' DDE.

En el 2000, Arredondo Cabrera realizó la validación de una metodología para la determinación de plaguicidas organoclorados en grasa de cerdo, donde se cumplió el objetivo mediante los métodos estadísticos aplicados, exactitud, precisión desde el punto de vista repetibilidad, análisis de varianza y prueba de Duncan.

En el 2000, Valenzuela Gómez realizó un estudio de los principales plaguicidas utilizados en el Valle del Yaqui, y su impacto en la salud, por su uso y manejo en el periodo 1995-1999. Donde se encontró que los plaguicidas de mayor empleo fueron los herbicidas 34%, seguido de los carbamatos 27.53%, organofosforados 27.53%, funguicidas, organoclorados y piretroides. Las principales enfermedades detectadas y asociadas con el empleo de plaguicidas fueron; la aplasia medular, leucemia aguda y linfoma no Hodgkin, provocadas estas probablemente por falta de uso de equipo de protección personal adecuado así como no llevar a cabo las indicaciones necesarias para el manejo, transporte, aplicación, fabricación y almacenamiento de los agroquímicos.

### **1.6 Limitaciones del estudio**

Este estudio puede estar limitado a la falta de cooperación de las personas de esta región, así como de los medios necesarios para realizarla, como transporte, reactivos y falta de tiempo.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Definición de plaguicidas

Hay muchas definiciones para estas sustancias. Una muy amplia, especifica que un plaguicida es 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 causen perjuicio o interfieran de cualquier otra forma con la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que puedan administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en sus cuerpos, o sobre ellos.

Una definición más sencilla es la que los considera como cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se utiliza para el control de plagas que atacan a los cultivos o que son vectores de las enfermedades del hombre (Albert, 1997).

### 2.2 Usos

Los principales son: a) en la agricultura, en especial en los sistemas que requieren alta tecnología y elevado uso de insumos y b) en la salud pública.

Se calcula que el 85% de los plaguicidas que se emplean en el mundo se dedica al sector agrario y, en este, a los cultivos de algodón, arroz, frutas y hortalizas. Casi la mitad del consumo mundial de plaguicidas se emplea en trigo, cebada, maíz, arroz y algodón.

En cuanto a los usos en salud pública, se calcula que aproximadamente el 10% de los plaguicidas se dedica a los programas de lucha antivectorial, pues las enfermedades transmitidas por vectores son un grave problema de salud

publica en los países de clima tropical, entre ellos, varios de América Latina y el caribe.

Otros usos, que por lo común se consideran “menores”, pueden tener importancia en casos particulares, entre ellos los usos para el control de ecto y endoparásitos del ganado. En algunas zonas, en especial, las urbanas de regiones tropicales, es frecuente el uso de plaguicidas domésticos y para el control de plagas urbanas en edificios, medios de transporte y áreas de uso público como jardines, así como hospitales, cárceles y asilos. En estas mismas regiones es común la necesidad de preservar la madera contra el ataque de los hongos, lo que se hace a base de plaguicidas, usualmente persistentes, como lindano o clordano, o permanentes, como los derivados de cobre, cromo y arsénico.

Otros usos menos conocidos, pero de importancia en algunas zonas, son la aplicación de herbicidas a los lados de caminos y carreteras, sobre las vías de ferrocarril, en zonas arqueológicas y, mas recientemente, para el control de cultivos ilícitos como marihuana, coca o amapola (Albert, 1997).

### 2.3 Clasificación de los plaguicidas.

Existen diversos criterios de clasificación de los plaguicidas, entre los cuales se encuentran los siguientes mostrados en la tabla 1:

Tabla 1. Clasificación de plaguicidas

| Criterio                     | Tipo de plaguicida  |
|------------------------------|---|
| Por concentración            | Ingrediente activo, plaguicida formulado, plaguicida técnico.   |
| Por organismos que controlan | Insecticidas, bactericidas, rodenticidas, avicidas, acaricidas, ovicidas, molusquicidas, funguicidas, hervicidas, |

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | nematicidas.   |
| Por su modo de acción      | De contacto, repelentes, sistemáticos, fumigantes, de ingestión, defoliantes.  |
| Por su composición química | Organoclorados, Ftalimidas, organofosforados, carbamatos, dinitrofenoles, derivados de la urea, naftoquinonas, piretroides, aceites minerales, caboxamidas, organoestánicos, triazinas, clorofenoxi, compuestos de cobre, organoazufrados, tiocarbamatos, bupiridílinicos, tricloropicolínico, guanidinas. |
| Uso al que se destinan     | Agrícola, doméstico, para jardinería, pecuario, urbano, forestal, industrial.  |
| Por su persistencia        | Ligeramente persistentes, (menos de 4 semanas), poco persistentes, (de 4 a 26 semanas), moderadamente persistentes, (mas de 1 año y menos de 20 *), permanentes, (mas de 20 años).   |
| Formulaciones comerciales  | Sólidos en forma de polvos granulares, líquidos o gases.   |

Fuente: Arredondo, 2000

(\*): Organoclorados

La organización mundial de la salud desarrolló, una clasificación en la que se considera la toxicidad del plaguicida expresada en DL<sub>50</sub> (mg/Kg). (Arredondo, 2000).

Tabla 2. Clasificación de la Organización Mundial de la Salud.

| Clasificación | Plaguicida                                     |
|---------------|--|
| Clase IA      | Extremadamente peligrosos: paratión, dieldrín. |
| Clase IB      | Altamente peligrosos: aldrín, diclorvos.       |
| Clase II      | Moderadamente peligrosos: DDT, clordano.       |
| Clase III     | Ligeramente peligrosos: malatión.              |

## 2.4 Plaguicidas organoclorados

Los plaguicidas halogenados, son productos orgánicos sintéticos que generalmente contienen cloro en su molécula y poseen una alta toxicidad para plagas agrícolas (Sainz, 1989).

El mayor peligro de estas sustancias no radica en su toxicidad aguda, sino en la crónica. Ello es debido a su poder de acumulación en los tejidos del organismo, dada su gran liposolubilidad (García, 1991).

Lo que caracteriza a los insecticidas clorados es su estabilidad química y persistencia, por ello constituyen una amenaza severa para nuestro ecosistema al ser relativamente resistentes a la biodegradación ya que la mayor parte de ellos tienen una vida residual media de 10 a 15 años y una gran habilidad de acumularse en los organismos vivos, cualidades realmente graves, pues se concretan a lo largo de las cadenas alimenticias ocasionando la muerte de alguno de los organismos que están al final de la misma (Ramírez, 1997).

La mayoría de estos compuestos poseen baja solubilidad en agua y elevada solubilidad en la mayoría de los disolventes orgánicos. Además, en general

poseen baja presión de vapor, así como una notable resistencia al ataque de microorganismos (Arredondo, 2000).

Dentro de este grupo existen sustancias con diferentes estructuras, que pueden clasificarse de la siguiente forma:

#### 2.4.1 DDT y análogos

El DDT es el 1,1-di-(clorofenil)-2,2,2-tricloroetano o p,p' DDT.

Existen varios isómeros de este compuesto, según las diferentes posiciones en que pueden estar situados los átomos de cloro de los núcleos bencénicos.

Como insecticida es el más activo, químicamente puro tiene su punto de fusión de 108.5-109°C, es un sólido blanco que cristaliza. El DDT puro se descompone por arriba de 109°C; pero si está contaminado por sales de metales pesados, principalmente hierro, se descompone lentamente a la temperatura ordinaria, perdiendo C<sub>1</sub>H para producir di-(clorofenil)-dicloroetileno (DDE). También se descompone por la luz ultravioleta y la del sol.

El DDT reacciona con alquenos, formando polímeros, esto tiene importancia en las formulaciones con disolventes insaturados.

Con sodio metálico en isopropanol (alcoholato) el DDT se hidroliza, liberando sus cinco átomos de Cl y dando lugar a C<sub>1</sub>Na; la reacción cuantitativa, cuando se realiza en caliente, lo hace en un plazo de una hora. Con KOH en alcohol etílico sólo se pierde un átomo de cloro por molécula de DDT, verificándose la reacción cuantitativa en un plazo de unos quince minutos, si se realiza a temperatura ambiente (Yúfera y Carrasco, 1980).

#### 2.4.2 Metoxicloro

Es el más utilizado después del DDT, debido a su baja toxicidad. Compuesto sólido que en estado puro funde a 89°C, se disuelve en los mismos disolventes que el DDT y sus propiedades físicas y químicas son semejantes (Sainz, 1989).

#### 2.4.3 HCH y lindano

El HCH es el 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano. Fue sintetizado por Faraday en 1825, fue en 1936 que se aislaron los isómeros  $\alpha$  (alfa),  $\beta$  (beta),  $\gamma$  (gama)  $\delta$  (delta)-HCH. La eficacia insecticida de este compuesto en que el  $\gamma$  (gama o lindano), que es el más activo. El lindano es bastante volátil a temperaturas superiores a la del ambiente y sublima fácilmente; esto hace que sea persistente. Es insoluble en agua (10 ppm), débilmente soluble en petróleo y soluble en acetona y disolventes aromáticos y clorados. Los isómeros del HCH son estables a la luz, calor, aire y ácidos fuertes. Insecticida con potente acción por contacto, y por ingestión (Yúfera y Carrasco, 1980).

#### 2.4.4 Compuestos diénicos clorados

Los plaguicidas organoclorados ciclodienos son un grupo prominente y muy extenso de insecticidas, también conocidos como dienos-organoclorados. Fueron descubiertos después de la segunda guerra mundial, por lo que son más recientes que el DDT y el hexaclorociclohexano. Los insecticidas diénicos se caracterizan por tener al menos un ciclo con un doble enlace, que puede ser obtenido mediante síntesis de Diels-Alder y también por ser moléculas policloradas, tales como:

2.4.4.1 Aldrín: Funde a 104-104.5°C, blanco cristalino, sin olor apreciable a temperatura ambiente, insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos.

2.4.4.2 Dieldrín: Sólido cristalino, sin olor que funde a 175°C insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos, no se descompone por agentes alcalinos, ni por ácidos en condiciones normales.

2.4.4.3 Endrín: Sólido blanco y cristalino que funde por encima de 200°C, con descomposición, es insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos sobre todo en los aromáticos.

#### 2.4.5 Heptacloro

Sólido blando, grasiento, de color ligeramente tostado, funde entre 46.0-73.9°C. Insoluble en agua, soluble en disolventes orgánicos. Forma con los peróxidos el correspondiente epóxido, de mayores propiedades tóxicas, se acumula en el suelo a consecuencia de la actividad bacteriana. Eficaz contra insectos masticadores, se usa principalmente contra insectos del suelo y para la protección de semillas de siembra (Sainz, 1989).

### **2.5 Proceso de distribución de agroquímicos**

En México existen dos principales modos de distribución: el conformado por el sistema BANRURAL y el constituido por particulares. La distribución a través de Banrural se concentra en los ejidos que se dedican a cultivos comerciales (algodón, hortalizas, granos) y que son financiados por dicha institución, la cual se abastece de compuestos químicos que proveen las empresas transnacionales y nacionales, se encarga de distribuir el 40% del total de plaguicidas en México. Por su parte, los distribuidores particulares abarcan lo mismo zonas con una agricultura de subsistencia que aquellas con una agricultura moderna.

Entre los estados donde se comercializa el mayor número de plaguicidas se encuentran Sinaloa, Michoacán, Sonora, Chiapas, Coahuila, Durango y Tamaulipas.

La zona agrícola sur del Estado de Sonora, comprendida por los valles del Yaqui y Mayo, constituye una de las áreas más productivas del estado; abarca 3 distritos de riego con un poco más de 380 mil hectáreas. En el estado, los cultivos que predominan en orden de importancia son: trigo, algodón, soya, cártamo, maíz, frijol, ajonjolí, sorgo y arroz; en las hortalizas: tomate, lechuga y papa; en los perennes alfalfa, vid y cítricos.

Los compuestos clorados a los que se recurría contra las plagas del algodón eran principalmente DDT, HCB, aldrín, endrín y toxafeno (mismos que han sido reemplazados por organofosforados y carbamatos) recomendándose su aplicación solamente en los meses de mayor infestación debido a que se comprobó la resistencia de dichos insectos a la mayoría de estos plaguicidas, principalmente al DDT, y los agricultores se veían obligados a aumentar el número de aplicaciones sin control alguno (Ramírez, 1997).

## **2.6 Problemas planteados por el desarrollo de los plaguicidas**

### **2.6.1 Desequilibrios ecológicos**

La eliminación de una especie en un sistema ecológico da como resultado la multiplicación de las que competían con ella. En numerosas ocasiones la aplicación de insecticidas ha provocado la eliminación de predadores y, con ello, la multiplicación desorbitada de la población de otros tipos de insectos, en muchos casos dañinos, poco afectados por el insecticida.

### **2.6.2 Resistencia**

Los parásitos desarrollan mecanismos bioquímicos de defensa frente a los plaguicidas, dando lugar a razas resistentes a los mismos. Este fenómeno empezó a ser conocido hacia el año 1950, y, a partir de ese momento, es cada vez mayor el número de comunidades científicas sobre la aparición de dichas resistencias. El estudio de la resistencia llevó a la conclusión de que estaban implicados en ella los sistemas enzimáticos del insecto.

### **2.6.3 Toxicidad**

La mayor frecuencia de accidentes se da durante el empleo de los plaguicidas, debido a que se aplican de formas muy diversas y por personas con muy diferente experiencia.

Los mayores riesgos se presentan al usar los productos concentrados, siendo víctimas frecuentes los niños que alcanzan recipientes que contienen restos de ellos. Aplicando las medidas de seguridad adecuadas se elimina casi por completo el peligro de intoxicación.

Las vías más frecuentes de intoxicación al aplicar formulaciones diluidas son el aparato respiratorio y la piel (Yúfera y Carrasco, 1980).

### **2.6.4 Efectos sobre la salud humana**

#### **2.6.4.1 Efectos inmediatos**

Muchos de los plaguicidas, entre ellos los organofosforados, son de alta toxicidad aguda y causan graves efectos inmediatos a los individuos expuestos.

Es importante mencionar, que las intoxicaciones agudas de los trabajadores pueden afectar a individuos que, debido a sus condiciones de pobreza, nutrición inadecuada y enfermedad parasitaria están en riesgo especial.

Conforme a datos de la OMS, en 1990 se produjeron en todo el mundo un millón de intoxicaciones accidentales con plaguicidas, de las cuales 70% se debería a exposición ocupacional. En el caso de los países en desarrollo, otros organismos calculan que, aunque en estos países se utiliza tan sólo la quinta parte del consumo mundial de plaguicidas, en ellos ocurre el 99% de las muertes atribuibles a la exposición de plaguicidas.

Por las deficiencias en el seguimiento estadístico en estos países los organismos no gubernamentales especializados en este tema consideraron, en 1990, que la cifra verdadera de intoxicaciones puede ser del orden de hasta 25 millones de casos anuales. Parte del problema se debe al uso en estos países, de plaguicidas de alta toxicidad aguda, como la mayoría de los organofosforados, o de alta peligrosidad, como el paraquat, sin protección adecuada.

#### 2.6.4.2 Efectos a largo plazo

La diversidad de estructuras de los plaguicidas causa que sus efectos a largo plazo sobre la salud sean muy variados. En el cuadro 3 se presentan algunos de los efectos a largo plazo que han sido demostrados hasta la fecha por diversos plaguicidas. Además de estos efectos, están los correspondientes a los plaguicidas persistentes.

Tabla 3. Algunos efectos a largo plazo de los plaguicidas sobre la salud humana

| <b>Efecto</b>              | <b>Agente causal</b>          |
|----------------------------|-------------------------------|
| A. Trastornos neurológicos |                               |
| Neurotoxicidad retardada   | Leptofós Carbarilo            |
| Otros                      | Arsenicales Bromuro de metilo |
| Lesiones del SNC           | Insecticidas organoclorados   |

|  |   |
|--|---|
| Neuritis periférica  | Insecticidas organofosforados<br>Fungicidas mercuriales<br><br>Herbicidas clorofenoxi,<br>Piretroides                                       |
| B. Efectos sobre la reproducción<br>Esterilidad en el hombre:<br>Disminución del índice de fertilidad                                  | DBPC<br>Agente Naranja (2,4-D + 2,4,5-T)  |
| C. Efectos cutáneos<br>Dermatitis de contacto<br><br>Reacción alérgica<br><br>Reacciones fotoalérgicas<br><br>Cloracné<br><br>Porfiria | Paraquat    Captófol    2,4-D<br><br>Barbán    Lindano<br>Benomilo    Zineb<br><br>HCB    Benomilo<br><br>HCB    Pentaclorofenol<br><br>HCB |
| D. Cáncer<br>Carcinógenos para el hombre   | Compuestos arsenicales    Aceites<br>minerales  |
| E. Efectos oftalmológicos<br>Formación de cataratas<br>Atrofia del nervio óptico<br>Alteraciones de la mácula                          | Diquat<br>Bromuro de metilo<br>Fentión  |
| G. Neumonitis y fibrosis pulmonar  | Paraquat  |
| H. Trastornos del sistema inmunitario  | Dicofol<br>Compuestos órgano-estánicos<br>Triclorfón  |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| I. Efectos teratogénicos | Carbarilo    Captán    Folpet<br>Difolatán    PCNB    Benomilo<br>Maneb        Ziram |
| J. Lesiones hepáticas    | DDT    Mirex<br>Kepona    PCP  |
| K. Cistitis hemorrágica  | Clordimeform   |

No es posible incluir todos los efectos que han sido demostrados para todos los plaguicidas (más de 3 mil ingredientes activos), pero la lista anterior basta para apreciar que pueden tener efectos adversos de importancia, sobre todo si los individuos expuestos a ellos están desnutridos, o padecen alguna enfermedad crónica o debilitante (Albert, 1997).

#### **2.6.4.3 Vías de intoxicación por plaguicida**

Tres son los caminos principales por los que los plaguicidas pueden entrar al cuerpo humano.

- A través de la piel (absorción dermal).
- A través de la boca (ingestión oral).
- Por medio de la respiración (inhalación).

El contacto con la piel, es la causa más común del envenenamiento con plaguicidas. Pueden ocurrir no sólo con derrames o salpicaduras de concentrados directamente sobre la piel, sino también usando ropas contaminadas, o por exposición continua a la pulverización.

Los productos químicos pasan rápidamente de las ropas a la piel sana, los ojos, boca, lengua y la región genital, son zonas particularmente vulnerables, manos y brazos están particularmente expuestos cuando se manipulan productos (Valenzuela, 2000).

## **2.7 Generalidades sobre la sangre**

La importancia de la sangre en el transporte de un gran número de sustancias endógenas y exógenas a través del cuerpo es incuestionable, ya que todas las partes del cuerpo humano están bañadas por este fluido en circulación constituyendo el medio que rodea a los tejidos.

La sangre humana, de densidad 1.054-1.060, constituye aproximadamente 8.8% del peso total del cuerpo. Aproximadamente, del 60 al 70% en volumen de la sangre es plasma sanguíneo, el resto consiste en eritrocitos (glóbulos rojos), leucocitos (glóbulos blancos) y plaquetas (plaquetas en la sangre).

El plasma presenta un pH comprendido entre 7.2-7.6; un contenido de agua que fluctúa entre 90-92%; aproximadamente, 10% en peso de sólidos, de los cuales, 7-9% son proteínas, 1% sales y el resto, lípidos y otras sustancias unidos mas o menos firmemente a una molécula de proteína.

El suero se separa de la sangre dejándola coagular; al encogerse el coágulo, exuda el suero. En la coagulación intervienen fibrinógeno, protrombina, iones de calcio y algunas enzimas, propiamente, el suero es sangre desprovista de glóbulos y fibrinógeno.

Actualmente, un número creciente de drogas e insecticidas son introducidos tanto directa como indirectamente dentro del torrente sanguíneo encontrando así el acceso a sitios receptores dentro del organismo desde el medio ambiente. Es por eso, que la sangre esta frecuentemente implicada por tener un rol primario en los procesos de intoxicación y almacenamiento de xenobióticos (Ramírez, 1997).

## **2.8 Determinación de plaguicidas organoclorados por cromatografía de gas-líquido**

## 2.8.1 Fundamento

La cromatografía gas-líquido se basa en una separación por partición de una muestra entre una fase gaseosa móvil y una capa delgada de un líquido no volátil sostenida sobre un soporte sólido.

## 2.8.2 Sistema esquemático de un cromatógrafo de gases

### 2.8.2.1 Gas portador

La función principal del gas portador es la de arrastrar la muestra a través de la columna. Los gases más comúnmente empleados son helio, hidrógeno y nitrógeno.

Las características que debe presentar son las siguientes:

- a) Ser inerte frente a la muestra, lo cual evita la interacción entre muestra, eluyente y el gas.
- b) Capaz de disminuir la difusión gaseosa
- c) Puro y seco
- d) Fácil adquisición y económico
- e) Adecuado para el detector que se use

La eficiencia de operación de un cromatógrafo depende de varios factores, entre ellos la velocidad de flujo del gas acarreo.

### 2.8.2.2 Puerta de inyección

La muestra líquida, se introduce al inyector por medio de una jeringa de vidrio, cuya aguja atraviesa el septum depositando la muestra ya evaporada en la columna, siendo transportada a través de la misma por el gas acarreo.

### 2.8.2.3 Columna

El corazón del cromatógrafo es la columna, en la cual se efectúa la separación. Se encuentra localizada en el horno del cromatógrafo para mantener una temperatura estable. Las columnas utilizadas para el análisis de plaguicidas son generalmente de vidrio, que están rellenas con partículas sólidas (soporte sólido) cuya función es la de sostener una película delgada y uniforme de la fase líquida (fase estacionaria) para la cromatografía gas-líquido.

La muestra se reparte entre el gas portador y la fase líquida separando así cada uno de sus componentes, eluyendo de acuerdo a su polaridad y puntos de ebullición.

#### 2.8.2.3.1 Temperatura

Es conveniente que el aparato cuente con tres controles de temperatura: inyector, columna y detector.

La temperatura de la puerta de inyección debe ser lo bastante alta para evaporar rápidamente la muestra, pero no demasiado alta ya que puede ocasionar la descomposición de la muestra.

En la columna, la temperatura debe ser alta para que la separación se lleve a cabo en un tiempo corto, pero no demasiado ya que la resolución sería deficiente.

La temperatura del detector debe ser lo suficientemente alta para evitar la condensación de los vapores de la muestra, pero sin llegar a causar su descomposición.

### 2.8.2.4 Detector

Situado a la salida de la columna de separación, el detector registra el arribo de los componentes separados a medida que salen de la columna, y produce la correspondiente señal eléctrica que es proporcional a la concentración de los componentes de la muestra siendo registrado en función del tiempo.

Las principales características de un detector son:

- a) Alta sensibilidad
- b) Bajo nivel de ruido
- c) Reproducibilidad
- d) Estabilidad
- e) Tiempo bajo de respuesta
- f) No complicado

El detector captura de electrones (CED) debido a su alta sensibilidad a los compuestos halogenados es utilizado en el análisis de plaguicidas. Este detector se basa en la adsorción de electrones por parte de compuestos que tienen un elemento o grupo electronegativo.

Al ser expuesto a una fuente de baja energía, estos compuestos tienden a unirse a electrones o capturarlos para formar iones negativos. Trabaja con una fuente radiactiva de (Ni-63), y con una muy alta sensibilidad ( $1 \times 10^{-11}$  picogramos).

#### 2.8.2.5 Integrador y registrador

El integrador recibe la señal de los componentes que han sido detectados, registrando así el área y el tiempo de retención de cada uno de los componentes, para inmediatamente pasar a través del registrador que consta de una tira de papel continuo que avanza a una velocidad prefijada y una pluma móvil que se activa por la señal enviada en el integrador. El proceso de

separación se refleja en una serie de picos sobre el papel, dando como resultado el cromatograma específico para cada muestra (Reyes, 1990).



Figura 1. Cromatógrafo de gases

## 2.9 Validación de métodos analíticos

La validación se define como un procedimiento para determinar la adecuabilidad de un sistema de medición para proveer datos analíticos confiables. Se emplea, en la valoración de materias primas en general, productos intermedios de un proceso y en productos terminados.

Existen cinco parámetros en la validación: Selectividad o especificidad, exactitud, linealidad, precisión y sensibilidad; para métodos analíticos, los parámetros de mayor importancia son: Exactitud y precisión.

### 2.9.1 Exactitud

Es el grado de concordancia entre un valor obtenido experimentalmente y un valor de referencia. Se expresa como el porcentaje de recobro obtenido en el análisis de muestras a las que se ha adicionado cantidades de la sustancia de interés.

### 2.9.2 Precisión

Es el grado de concordancia de resultados analíticos individuales cuando el procedimiento se aplica repetidamente a diferentes muestreos de una muestra homogénea del producto. Usualmente se expresa en términos de desviación estándar y coeficiente de desviación. La precisión es una medida del grado de reproducibilidad y repetibilidad del método analítico bajo las condiciones normales de operación (Arredondo, 2000).

### **2.10 Medidas de seguridad para el buen uso y manejo de plaguicidas**

La utilidad de los plaguicidas descansa en su propiedad de interrumpir los procesos vitales de las diversas plagas (insectos, hongos, plantas, entre otros) sin embargo, la mayoría puede causar intoxicaciones, o inclusive la muerte, al hombre y a los animales, por lo que deben manejarse con especial cuidado, es esencial que las personas que los manejan comprendan claramente los riesgos asociados con estos productos y aprendan a manejarlos y usarlos con las debidas precauciones.

Todas las personas expuestas a los plaguicidas deben estar siempre conscientes del riesgo de que estos productos penetran al organismo, sea por ingestión, inhalación o por absorción a través de la piel.

Es fundamental que, en todos los niveles de responsabilidad, los trabajadores sean instruidos sobre las buenas prácticas en el manejo y uso de los plaguicidas.

Es recomendable que en las áreas de trabajo, comedores y sanitarios se exhiban, de manera prominente, carteles conteniendo las siguientes reglas para el manejo y uso seguro de los plaguicidas.

- Antes de manejar un plaguicida envasado asegurarse de que el envase no tenga fugas.
- No maneje los envases de manera brusca o descuidada.
- Si se presenta una fuga o derrame, aleje del área contaminada a las personas y a los animales.
- Después de descargar los plaguicidas asegurarse que los transportes no queden contaminados.
- No almacenar plaguicidas, o envases vacíos que los hayan contenido, cerca de alimentos y bebidas, incluyendo las de consumo animal.
- Antes de utilizar cualquier plaguicida, lea cuidadosamente la etiqueta.
- No mantener alimentos, bebidas, tabaco, ni utensilios para contener o manejar alimentos en las áreas de trabajo en que se manejen o empleen plaguicidas, o cerca de la ropa o equipo de protección.
- No coma, beba o fume en las áreas de trabajo.
- No se frote los ojos o toque la boca mientras trabaja con plaguicidas, o al fin de su trabajo, si no se ha lavado previamente las manos con abundante agua y jabón.
- Lavarse las manos con abundante agua y jabón después de manejar plaguicidas y antes de beber, fumar, o usar el servicio sanitario.
- Cuando maneje plaguicidas, use guantes de material apropiado y ropa de protección, así como un respirador cuando se recomiende.
- Deseche la ropa y otros objetos de protección contaminados, especialmente los guantes.
- Si se requiere de ayuda médica, lleve consigo la etiqueta o el envase del plaguicida utilizado (Valenzuela, 2000).

### 2.10.1 Técnicas de aplicación segura

Con objeto de reducir al mínimo el riesgo para los aplicadores, otras personas y el medio ambiente en general, debe cumplirse lo siguiente:

- No trabajar con viento fuerte.
- Trabajar de tal forma que el viento arrastre al plaguicida lejos de los aplicadores. No sobre ellos.
- No intentar desatascar las boquillas obstruidas soplando directamente con la boca. Limpiarlas con agua, o con una sonda blanda.
- Mantener alejados a cualquier persona y a los animales.
- No dejar nunca abandonados los plaguicidas o el equipo, en el lugar de aplicación.
- Reunir todos los desechos y restos, tales como envases vacíos, para su destrucción (Valenzuela, 2000).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de muestreo

El estudio se llevó a cabo en el Ejido Guadalupe Victoria, campo 6 Valle del Yaqui que se ubica a los 27°25'16" latitud Norte y 109°58'24" longitud Oeste a los 30 metros sobre el nivel del mar. Cuyas características de poblado son:

- Aproximadamente 250 habitantes
- 60 viviendas
- Pozo que abastece de agua
- Escuela primaria rural



Figura 2. Ubicación del Ejido Guadalupe Victoria

### 3.2 Entrevista y formas de consentimiento

Los participantes fueron seleccionados al azar con un rango entre 6 y 12 años mediante visitas domiciliarias en donde se le expuso a los padres de familia el objetivo del estudio y se les invitó a participar en la investigación. Después de la entrevista, se les proporcionó una forma de consentimiento, que firmaron el padre o tutor y el niño, en la que se hizo constar que ellos por voluntad propia estuvieron de acuerdo en participar y en donde se les explicó puntos importantes a considerar por ellos (Anexo 1).

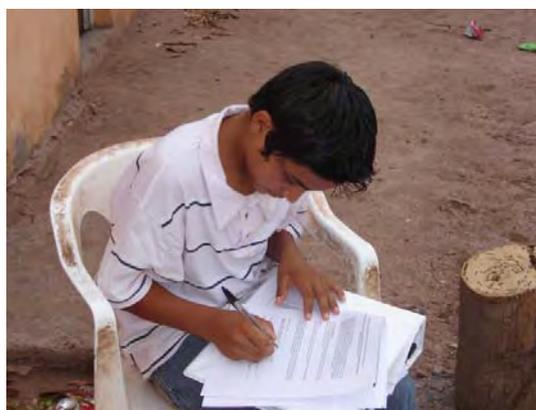


Figura 3. Firma de la forma de consentimiento por el participante

### 3.3 Aplicación de cuestionarios

Al tener la autorización de los padres y participantes, se les aplicó un cuestionario en el que se obtuvieron datos y variables importantes que se tomaron como antecedentes para la relación con los resultados del análisis del suero sanguíneo (Anexo 2). Se les tomó el peso y la altura a los menores con una balanza y un estadiómetro, llevados al hogar (figura 4 y 5).



Figura 4. Toma del peso



Figura 5. Toma de la altura

### 3.4 Muestreo

Las muestras de sangre fueron tomadas por el personal de la Secretaria de Salud y Asistencia de Cd. Obregón, se colectaron en tubos estériles sin anticoagulante, tomando un volumen de 5 mililitros y se transportaron al laboratorio de análisis especiales del ITSON unidad centro, en hieleras a una temperatura aproximada de 5 ° C (figura 6).



Figura 6. Muestreo

### 3.5 Limpieza del material de vidrio

El material de vidrio empleado en la determinación de residuos de plaguicidas se lavó como se indica a continuación:

Se limpió el material lo más pronto posible, enjuagándolo con el último solvente usando en éste.

Se introdujo el material en etanol al 10% y se dejó sumergido toda la noche. Se enjuagó con agua de la llave y posteriormente con agua desionizada. Fue colocado en una estufa el material de vidrio (excepto el material volumétrico) durante 2 horas a 240 °C. Ya seco, se enjuagó con acetona y después con hexano para ambientarlo.

Se almacenó el material en un ambiente limpio para prevenir la acumulación de polvo u otros contaminantes. Se guardó invertido y/o tapado con papel aluminio. Como precaución todo el material de vidrio se enjuagó con el solvente extractor justo antes de ser empleado (figura 7).



Figura 7. Limpieza del material de vidrio

### 3.6 Procedimiento para la separación de suero sanguíneo

Se colectaron aproximadamente 5 ml de sangre de cada persona y se dejó coagular a temperatura ambiente (figura 8).

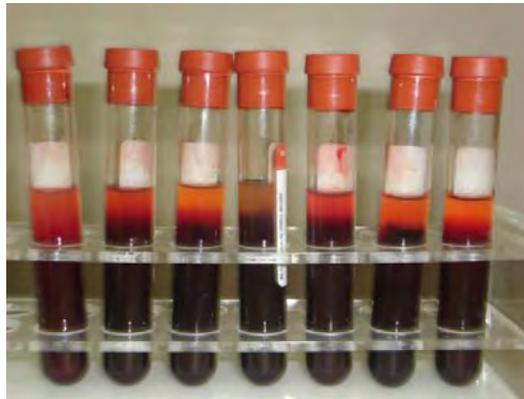


Figura 8. Formación del coágulo.

Se separó cuidadosamente el coágulo del tubo con un palillo de madera, para asegurar la separación de las fases al momento de la centrifugación (figura 9).



Figura 9. Separación del coágulo

Se centrifugó 20 minutos a 3300 rpm, en una centrifuga Hermale z 513 k. Ya separadas las fases (figura 10), con una pipeta pasteur, se transfirió el suero cuidadosamente colocándose en viales debidamente etiquetados (figura 11). Se almacenaron en el congelador con una temperatura aproximada a 5° C, para su posterior extracción.



Figura 10. Separación de fases después de la centrifugación



Figura 11. Transferencia del suero.

3.6.1 Extracción (Metodología de Dale y Col., modificada por la EPA para suero sanguíneo).

Se vertieron 2 ml de suero sanguíneo a un tubo de ensayo de 15 ml con tapón de rosca (figura 12) y se agregó 6 ml de hexano (figura 13), para agitarse por 1 hora a 325 rpm a temperatura ambiente en un agitador modo orbital Shaker Bath marca Lab-line (figura 14).

Posteriormente se centrifugó la muestra por 5 minutos a 1550 rpm en una centrífuga Hermale z 513 k (figura 15), para después transferir 5 ml del extracto de n-hexano a un tubo de 15 ml (figura 16). Este extracto se concentró a un volumen de 0.5 ml a baño maría a una temperatura aproximada a 30 ° C (figura 17), y finalmente se aforó a un volumen de 1 ml (figura 18).

La metodología empleada fue la propuesta por Dale y Col., modificada por la EPA, realizando las siguientes modificaciones: cambios en el tiempo y revoluciones por minuto en la agitación y centrifugación de las muestras.

3.6.1.1 Diagrama de flujo



Fig. 12. Toma de la muestra de suero



Fig. 13. Adición del hexano



Fig. 14. Muestras en agitación



Fig. 15. Centrifugación de las muestras



Fig. 16. Transferencia del extracto



Fig. 17. Concentración del extracto



Fig. 18. Afore del extracto



Fig. 19. Muestra lista para la inyección al cromatógrafo

### 3.7 Preparación de estándares

Se realizó la preparación de estándares de los POC: lindano, p,p-DDT y p,p-DDE a partir de una solución madre de 1000 ppm, por separado así como una mezcla de ellos, quedando como concentración final 0.1 ppm.



Fig. 20. Estándares para los POC

### 3.8 Preparación de la curva estándar

Se inyectó 1  $\mu\text{l}$  de la mezcla estándar dentro del cromatógrafo de gases Varian 3300, con una columna DB-5 de 30 m x 0.53 mm y 1.50 micras de película (J&W-Scientific), las condiciones de separación fueron: temperatura inicial de columna 200°C (manteniéndose durante 3 minutos), con un calentamiento de 15 grados/min hasta 250°C, temperatura de inyector de 275 °C y detector de captura de electrones de 300°C, el flujo de nitrógeno en columna fue de 10 ml/min con un flujo auxiliar de 20 ml/min (make up), observados en la tabla 4.

Se trazaron pesos contra cantidades inyectadas para obtener la curva estándar de cada compuesto la cual es lineal sobre rango de concentraciones usadas.

Tabla 4. Condiciones de operación del cromatógrafo de gases

|                  | Columna  |
|------------------|--|
| Parámetros       | DB-5 de 30 m x 0.53 mm y 1.50 micras de película |
| Tc (°C)          | 200°C (3') --->15°C/min---->250°C                |
| Ti (°C)          | 275 °C   |
| Td (°C)          | 300°C  |
| FN2 (ml/min)     | 10   |
| Make up (ml/min) | 20   |

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Características demográficas de los niños

En la tabla 5 se presentan las características demográficas de los niños participantes del estudio. Se incluyeron un total de 21 niños, cuyas principales variables estudiadas fueron el peso, altura, edad, tiempo de residencia, cercanía al campo de cultivo, ya que todas éstas influyen directamente en los niveles de POC. En esta tabla se observa que el promedio de edad de los participantes fue de  $9.29 \pm 0.48$  años. El peso de los niños presentó un promedio de  $37.50 \pm 3.28$  kilogramos y la altura de  $1.37 \pm 0.03$  metros.

También en la tabla 5 se observa que el 85.71% de los participantes ha residido durante toda su vida en este ejido (con un promedio de  $8.57 \pm 0.65$  años), el cual esta rodeado por campos de maíz y trigo, además la distancia de sus viviendas a estos sembradíos es muy corta en un promedio de  $98.33 \pm 19.72$  metros lo cual probablemente ha sido causa de una gran acumulación de POC en el suelo donde los niños juegan.

Tabla 5. Características demográficas de los niños residentes del Ejido Guadalupe Victoria, Sonora.

| Muestra | Peso (kg) | Altura (metros) | Edad (años) | Tiempo de residencia (años) | Cercanía al campo (metros) |
|---------|-----------|-----------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1       | 59        | 1.57            | 12          | 12                          | 100                        |
| 2       | 37        | 1.37            | 9           | 9                           | 20                         |
| 3       | 19        | 1.14            | 9           | 9                           | 200                        |
| 4       | 63.8      | 1.67            | 12          | 12                          | 200                        |
| 5       | 22.5      | 1.21            | 7           | 3                           | 5                          |
| 6       | 40.8      | 1.47            | 11          | 11                          | 100                        |
| 7       | 25.8      | 1.16            | 6           | 6                           | 50                         |

|                 |              |             |             |             |               |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>8</b>        | 35           | 1.30        | 8           | 8           | 200           |
| <b>9</b>        | 33           | 1.36        | 10          | 10          | 300           |
| <b>10</b>       | 25           | 1.29        | 9           | 9           | 5             |
| <b>11</b>       | 29.9         | 1.33        | 9           | 9           | 5             |
| <b>12</b>       | 35           | 1.45        | 12          | 12          | 100           |
| <b>13</b>       | 29.1         | 1.24        | 6           | 2           | 100           |
| <b>14</b>       | 43.4         | 1.40        | 9           | 9           | 50            |
| <b>15</b>       | 55.5         | 1.48        | 11          | 11          | 100           |
| <b>16</b>       | 25           | 1.20        | 8           | 8           | 300           |
| <b>17</b>       | 35.6         | 1.48        | 11          | 11          | 50            |
| <b>18</b>       | 29           | 1.26        | 6           | 6           | 50            |
| <b>19</b>       | 74.9         | 1.66        | 12          | 5           | 50            |
| <b>20</b>       | 22.1         | 1.19        | 6           | 6           | 50            |
| <b>21</b>       | 47.2         | 1.47        | 12          | 12          | 30            |
| <b>Promedio</b> | 37.50 ± 3.28 | 1.37 ± 0.03 | 9.29 ± 0.48 | 8.57 ± 0.65 | 98.33 ± 19.72 |

Tabla 6. Factores asociados a la presencia de plaguicidas en los niños residentes del Ejido Guadalupe Victoria, Sonora.

| Variable | Consumen agua de pozo | Juegan en los campos de cultivo | Se bañan en drenes de cultivo | Contacto con químicos | Presencia de enfermedades |
|----------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| %        | 80.95%                | 71.42%                          | 61.90%                        | 57.14%                | 80.95%                    |

También se obtuvo información relacionada a las posibles fuentes de exposición como el consumo de agua potable en el hogar, si jugaban en los campos de cultivo, si se bañaban en drenes de cultivo, el contacto directo con plaguicidas domésticos o agrícolas.

En la tabla 6 se observa también que el 80.95% de los niños presentó alguna presencia de enfermedad, en la época de muestreo hubo un brote de varicela en

donde 4 de los 21 niños presentaban dicha enfermedad; también 4 niños presentaron enfermedades en la piel como ronchas, manchas o ampollas asociadas a el contacto con plaguicidas; 3 niños presentaron casos de alergia, que al igual se asocia al contacto con plaguicidas; además hubo un caso de bronquitis al igual que de gastritis; pero en su mayoría se presentaron casos de gripa y tos así como de infecciones en el estómago.

## **4.2 Estandarización de la metodología**

Para asegurarse de que los resultados emitidos fueran confiables se estandarizó el método para la extracción y análisis de plaguicidas, los parámetros determinados fueron: precisión, exactitud, límites de detección (LD) y linealidad.

### **4.2.1 Exactitud**

Para la determinación de la exactitud se fortificaron muestras de suero con concentraciones conocidas de lindano, p,p,DDE y p,p,DDT, obteniendo valores de porcentaje de recuperación de 62.42 para lindano, 88.63 para p,p,DDE y 81.23 para p,p,DDT. Para los dos últimos plaguicidas los porcentajes obtenidos fueron bastante aceptables (mayores al 80%), mientras que para lindano la recuperación obtenida fue baja (menor del 70%). En literatura se mencionan recuperaciones aceptables de plaguicidas usando métodos cromatográficos que estén en el rango del 70 al 130%.

### **4.2.2 Límite de detección y límite de cuantificación**

El límite de detección se determinó considerando 3 veces el valor de desviación estándar y el límite de cuantificación 10 veces este valor para un estándar de concentración de 0.1 ppm.

El límite de detección del instrumento para los plaguicidas (lindano, p,p,DDE, p,p,DDT) fue de 0.0001 ppm, mientras que el límite de cuantificación para lindano y p,p,DDE fue de 0.0001 ppm y para p,p,DDT fue 0.001 ppm.

Tabla 7. Parámetros de validación del método para extracción de POC en suero.

|                                     | <b>Lindano</b> | <b>p,p,DDE</b> | <b>p,p,DDT</b> |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Concentración promedio (ppm)</b> | 0.03           | 0.044          | 0.041          |
| <b>Desv. Est.</b>                   | 0.00167        | 0.0026         | 0.00331        |
| <b>Coef. Var.</b>                   | 5.41           | 5.8            | 8.16           |
| <b>% Recuperación</b>               | 62.42          | 88.63          | 81.23          |
| <b>LD</b>                           | 0.0001         | 0.0001         | 0.0001         |
| <b>LC</b>                           | 0.0001         | 0.0001         | 0.001          |

#### 4.2.3 Linealidad

Se determinó mediante la preparación de las curvas de calibración para cada uno de los estándares (lindano, p,p,DDE y p,p,DDT).

En la figura 21 se observan las gráficas obtenidas con sus respectivos valores de coeficiente de correlación ( $R^2$ ), mismos que se encontraron en un rango de 0.9650 a 0.9731, resultados dentro del rango que hace la prueba aceptable.

Con los resultados del estudio de la linealidad se relacionó la concentración  $x$  (variable independiente o predictiva) y la respuesta  $y$  (variable dependiente, que sería en este caso el área), la relación entre ambas variables se expresa matemáticamente como una recta de regresión tipo  $y = ax + b$ . Si la recta no pasa cerca del origen de las coordenadas significa que el método a evaluar está afectado por un error sistemático por defecto o por exceso en el intervalo

estudiado. Si existen diferencias apreciables entre los valores experimentales y los puntos de la recta significa que la linealidad no es buena (existe falla de ajuste) o bien que el error experimental es importante (Rosas, 2005).

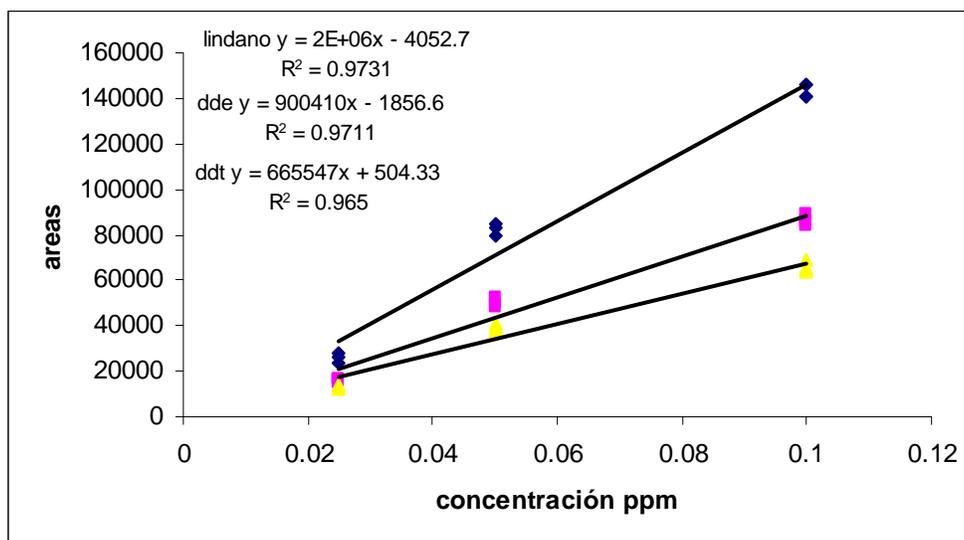


Figura 21. Curvas de calibración para los estándares de trabajo: lindano, p,p-DDE y p,p-DDT.

El coeficiente de correlación ( $R^2$ ), indica el grado de relación entre la variable  $x$  y la variable  $y$ , su valor máximo es 1. El valor recomendable para el coeficiente de correlación es  $\geq 0.999$  aunque en el caso de impurezas se admiten valores menores (Rosas, 2005).

### 4.3 Análisis cualitativo

Para identificar los plaguicidas organoclorados bajo estudio en las muestras se inyectaron primero los estándares a una concentración conocida de 0.1 ppm, para obtener el tiempo de retención de cada uno (tabla 8) y comparar estos tiempos con los tiempos de retención de cada uno de los picos encontrados en las muestras. Los tiempos de retención para lindano, p,p-DDE y p,p-DDT fueron de 4.4, 7.706 y 9.666 minutos respectivamente (Fig 22).

En las muestras inyectadas solo se detectaron tiempos de retención que coincidían con el tiempo teórico registrado para el p,p,DDE, que fue de 7.706 minutos.

Tabla 8. Tiempos de retención de los POC.

| POC     | Tiempo de retención |
|---------|---------------------|
| Lindano | 4.4                 |
| p,p,DDE | 7.706               |
| p,p,DDT | 9.666               |

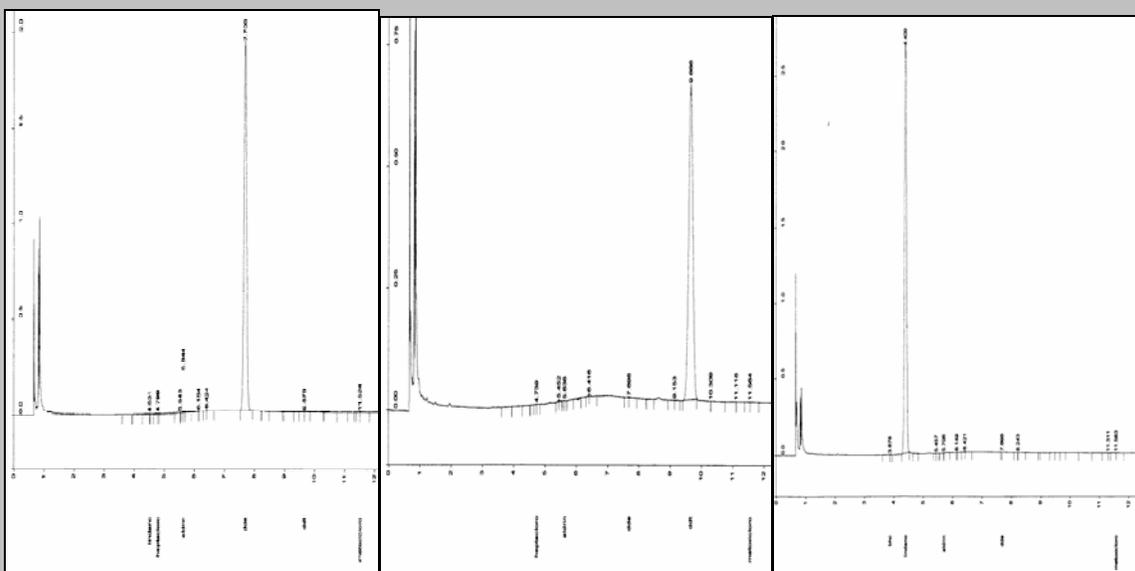


Figura 22. Cromatogramas de los estándares p,p,DDE, p,p,DDT y lindano

#### 4.4 Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo se determinó utilizando las curvas de calibración de cada estándar (área contra concentración) interpolando las áreas de los plaguicidas

detectados en las muestras de suero de los niños (Tabla 9). El 66.66% de las muestras presentaron concentraciones de p,p,DDE en un rango de < 0.1 ppb hasta 443.9 ppb en su sangre, mientras que en el 33.34% encontraron concentraciones menores al límite de cuantificación para los plaguicidas p,p,DDT (0.001) y lindano (0.0001).

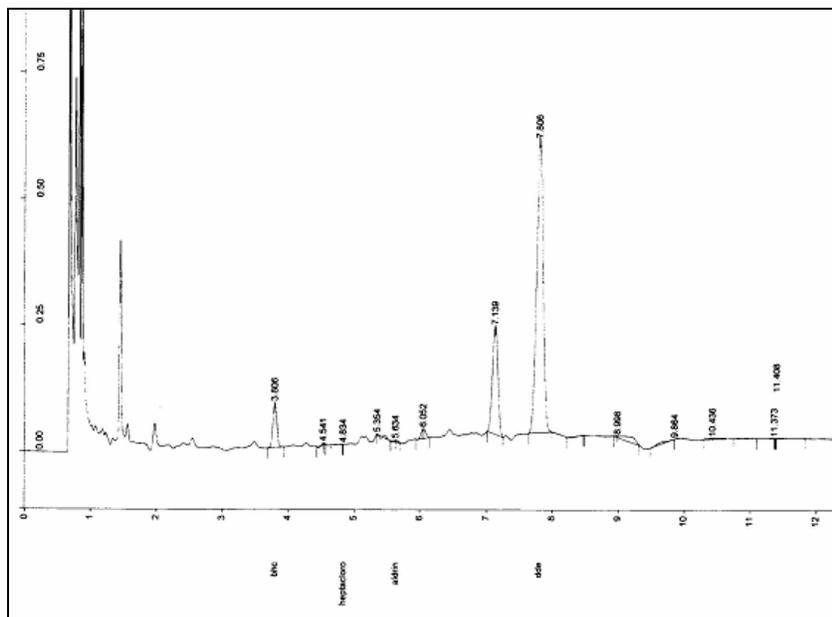


Figura 23. Muestra de suero sanguíneo con la máxima concentración de p,p-DDE

La máxima concentración de p,p-DDE presentada en las muestras fue de 443.9 ppb, correspondiente a la muestra 12. Como referencia de esta muestra se tiene que el participante vive a 100 metros del campo de cultivo en donde ha vivido toda su vida, se baña en los drenes de cultivo y la fuente de agua potable en su hogar es del pozo, estos factores pudieron haber influido en el resultado del análisis de su muestra.

Como concentración mínima pero mayor al límite de cuantificación, fue de 28.2 ppb correspondiente a la muestra 10.

Tabla 9. Concentraciones en  $\mu\text{g/L}$  o ppb en las muestras de suero sanguíneo de los niños residentes del Ejido Guadalupe Victoria, Son.

| <b>Muestras</b> | <b>p,p,DDE<br/>(ppb)</b> | <b>p,p,DDT<br/>(ppb)</b> | <b>Lindano<br/>(ppb)</b> |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 2               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 3               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 4               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 5               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 6               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 7               | <0.1                     | <1                       | <0.1                     |
| 8               | 62.4                     | <1                       | <0.1                     |
| 9               | 137.1                    | <1                       | <0.1                     |
| 10              | 28.2                     | <1                       | <0.1                     |
| 11              | 77.7                     | <1                       | <0.1                     |
| 12              | 443.9                    | <1                       | <0.1                     |
| 13              | 177.8                    | <1                       | <0.1                     |
| 14              | 236.8                    | <1                       | <0.1                     |
| 15              | 42.3                     | <1                       | <0.1                     |
| 16              | 181.4                    | <1                       | <0.1                     |
| 17              | 131.9                    | <1                       | <0.1                     |
| 18              | 135.2                    | <1                       | <0.1                     |
| 19              | 243.5                    | <1                       | <0.1                     |
| 20              | 7.91                     | <1                       | <0.1                     |
| 21              | 179.8                    | <1                       | <0.1                     |

De acuerdo a los últimos datos registrados en el Valle del Yaqui por Soto Alvarado en 1998 en donde se estudiaron las poblaciones de BÁCUM, Quetchehueca, Pueblo Yaqui y como población control Tesopaco, Sonora; se encontró que en el 100% de las muestras de suero sanguíneo analizadas

presentaron el metabolito p,p,DDE. En las muestras procedentes de Bacum, Quetchehueca, Pueblo Yaqui y Tesopaco se tuvieron valores promedios para p,p-DDE de 1.63, 2.735, 1.947 y 51.73 ppb respectivamente. En nuestro estudio se obtuvieron concentraciones hasta de 8.58 veces mayores en el suero de los niños del Ejido Guadalupe Victoria comparados con el estudio de Soto Alvarado. Además en ninguna muestra se detectó p,p-DDT lo que indica que este POC no se ha aplicado recientemente en esta comunidad.

García Bañuelos en 1991 realizó el estudio de las principales vías de contaminación por plaguicidas en neonatos-lactantes residentes en Pueblo Yaqui, en donde obtuvo como resultado que la exposición de las mujeres embarazadas a los plaguicidas y la consecuente bioacumulación en su organismo provoca el paso de dichas sustancias al producto por vía transplacentaria. Esto fue confirmado debido a que el 100% de los neonatos presentaron altos niveles de plaguicidas organoclorados, entre ellos el p,p-DDE en su sangre.

La presencia del p,p,DDE en las muestras analizadas se debe al hecho de ser un plaguicida altamente persistente y bioacumulable, es por ello que a pesar de que el p,p-DDT no se sigue empleando en la región su metabolito p,p-DDE se sigue detectando en muestras biológicas como en el suero de los niños residentes del Ejido Guadalupe Victoria.

#### **4.5 Elaboración de material educativo para niños**

Para contribuir en el conocimiento de estos compuestos tóxicos en los niños de esta zona agrícola se elaboró un tríptico en donde se da una breve explicación de las plagas y los plaguicidas que las controlan, la manera en la que afectan la salud y como pueden protegerse de las causas más comunes de exposición e intoxicación (Anexo 3).

## CONCLUSIONES

Se detectó la presencia de p,p-DDE (metabolito del p,p-DDT) en el 66.66% de las muestras analizadas.

Las concentraciones en las muestras que dieron valores por encima del límite de cuantificación estuvieron en el rango de 28.2 a 443.9 ppb ( $\mu\text{g/L}$ ).

Los parámetros de validación del método (precisión, exactitud, límites de detección y linealidad) son confiables.

La presencia del p,p-DDE en las muestras de suero sanguíneo de los niños del estudio indica la alta persistencia y estabilidad que tiene este agroquímico en el ambiente.

Posiblemente las vías de exposición de los niños a este contaminante a sido mediante el contacto con el suelo, la ingestión de leche materna y/u otros alimentos con alto contenido de grasa.

## RECOMENDACIONES

Llevar a la localidad talleres de educación ambiental en salud donde se les pueda enseñar a los residentes del lugar como reducir su exposición a estos contaminantes.

Impartir campañas comunitarias acerca del uso y manejo de plaguicidas.

## BIBLIOGRAFÍAS

Albert, L. 1997. Introducción a la toxicología ambiental. Matepec, Estado de México, México.

Andrade, P. 1979. Detección de residuos de pesticidas en leche humana de los habitantes del Valle del Yaqui y sus alrededores. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Cd. Obregón, Sonora.

Arredondo, C. 2000. Validación de una metodología para la determinación de plaguicidas organoclorados en grasa de cerdo. Tesis de Químico. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

Cremlin, R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Primera edición, Editorial Limusa, México D.F.

Fragoso, G. 1980. Detección de residuos de pesticidas organoclorados en leche de vaca en el Valle del Yaqui. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Monterrey. Cd. Obregón, Sonora.

García B. 1991. Estudio de las principales fuentes de contaminación por plaguicidas en neonatos-lactantes residentes en Pueblo Yaqui, Sonora, México. Tesis de Químico. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

García, C. 1998. Estudio preliminar de plaguicidas y metales pesados en agua potable y de uso general en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

Primo Yúfera E. y Carrasco Dorién J.M. 1989. Química agrícola II: Plaguicidas y fitorreguladores. Editorial Alhambra. Madrid, España.

Ramírez, P. 1997. Determinación del pasaje trasplacentario de plaguicidas de mujeres embarazadas a sus neonatos residentes en Pueblo Yaqui, Sonora, México. Tesis de químico. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México.

Reyes, B. 1990. Estudio preliminar sobre la presencia de plaguicidas organoclorados en leche materna de residentes de Pueblo Yaqui, Sonora, México. Tesis de Químico. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México.

Robles, A. 1984. Determinación de residuos de plaguicidas organoclorados en leche pasteurizada en la Cd. de Hermosillo, Sonora. Tesis profesional. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.

Rosas, R. 2005. Análisis de aminoácidos libres en el residuo de cabeza de camarón fermentado por cromatografía líquida de alta resolución. Tesis de Ingeniero Biotecnólogo. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México.

Sainz, C. 1989. Determinación de plaguicidas organoclorados por cromatografía gas-líquido en moluscos bivalvos en el sistema estuarino La Atanasia, Santo Domingo, Valle del Yaqui. Tesis de Químico. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

Soto, A. 1998. Estudio preliminar para la determinación de plaguicidas organoclorados en suero sanguíneo de niños residentes del Valle del Yaqui, Sonora, México. Tesis de Químico. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

Valenzuela, G. 2000. Principales plaguicidas utilizados en el Valle del Yaqui, Sonora, y su impacto en la salud, por su uso y manejo en el periodo 1995-1999.

Tesis de Químico. Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.

## (Anexo 1)

### FORMA DE CONSENTIMIENTO PARA PADRES

#### Determinación de plaguicidas organoclorados (POC) en niños residentes de comunidades rurales del Valle del Yaqui, Sonora.

SE ME HA SOLICITADO LEER EL SIGUIENTE DOCUMENTO PARA ASEGURAR QUE ESTOY INFORMADO DE LA NATURALEZA DE ESTE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN Y DE COMO MI HIJO O HIJA PARTICIPARÁ EN ESTE. SI YO CONSIENTO QUE ELLA O EL PARTICIPE LOS REGLAMENTOS FEDERALES REQUIEREN CONSENTIMIENTO INFORMADO POR ESCRITO, PREVIO A LA PARTICIPACIÓN DE MI HIJO/HIJA, A FIN DE CONOCER LA NATURALEZA Y RIESGOS QUE MI HIJO/HIJA PUDIERA TENER EN EL ESTUDIO, Y DECIDIR SI EL O ELLA PARTICIPA O NO DE UNA MANERA LIBRE E INFORMADA.

#### PROPÓSITO

Mi hijo esta siendo invitado a participar voluntariamente en el proyecto arriba mencionado. El propósito del proyecto es evaluar su exposición a plaguicidas por ser residentes de áreas agrícolas. Los investigadores también quieren conocer la concentración de plaguicidas en su sangre. También este estudio ayudará a determinar si hay efectos en la salud de mi hijo/hija por la exposición crónica que éste a tenido los plaguicidas. Estos datos nos ayudarán a saber si algunos niños son más susceptibles que otros a desarrollar algunos problemas de salud por la exposición a estos agroquímicos.

#### CRITERIO DE SELECCIÓN

Mi niño está siendo invitado a participar porque el o ella tiene entre 6 y 12 años de edad, y ha estado expuesto a plaguicidas a través del ambiente por tener su residencia en este poblado por lo menos desde hace 2 años. Se invitarán aproximadamente 25 niños a participar en el estudio.

#### PROCEDIMIENTO

Si estoy de acuerdo que mi hijo participe, a el o ella y a mí se nos pedirá consentir en lo siguiente:

1. Proporcionar una muestra de sangre de mi hijo, que será tomada sacando sangre intravenosa mediante una aguja. Aproximadamente 10 ml de sangre serán colectados por personal capacitado del Sector Salud (Jurisdicción Sanitaria IV).
2. Contestar un cuestionario para conocer información relacionada con su edad, sexo, peso, altura, estado general de salud, hábitos alimenticios, nivel de educación, entre otros.

#### RIESGOS

**Colección de sangre:** El procedimiento puede causar incomodidad y hay un ligero riesgo de sangrado, magulladura o infección.

**Cuestionario:** El cuestionario será administrado por un entrevistador quien a mí, como padre del menor, me hará todas las preguntas necesarias para el estudio. El único riesgo de completar el examen es dar a conocer a otros la información obtenida. Sin embargo se tomarán las debidas precauciones para que la información obtenida permanezca y se maneje de forma confidencial.

#### BENEFICIOS

La muestra de sangre colectada de mi hijo/hija será analizada para determinar plaguicidas organoclorados. Yo seré informado por la presencia de estos compuestos en la sangre de mi hijo y recibiré los resultados de análisis en mi casa al final del estudio, sin ningún costo para mí.

#### CONFIDENCIALIDAD

El nombre de mi hijo/hija será borrado de todos los formatos y resultados de los análisis. Le será asignado un código de identificación, que será usado en lugar de su nombre. La Dra. Ma. Mercedes Meza Montenegro mantendrá la única copia de una lista que contendrá la relación entre el nombre de mi hijo/hija y el código de identificación en un expediente clasificado.

### **COSTOS DE PARTICIPACIÓN Y COMPENSACIÓN**

La intervención de mi hijo/hija en este estudio no tiene costo alguno, ni el o ella recibirá compensación por su participación en este estudio.

### **CONTACTOS**

Puedo obtener toda la información relacionada con el proyecto o si tengo preguntas concernientes a los derechos de mi hijo/hija como sujeto de investigación, a la Dra. Ma. Mercedes Meza Montenegro, investigador responsable del proyecto, al teléfono (6444) 10-90-00, en el Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Centro.

### **RESPONSABILIDAD**

Es posible se presenten efectos colaterales o daños, en cualquier programa de investigación a pesar del uso de altos estándares de cuidado y pueden ocurrir sin fallas de mi parte o del investigador involucrado. Los efectos colaterales conocidos han sido descritos en esta forma de consentimiento. Sin embargo, también pueden ocurrir daños imprevisibles y requerir cuidado. Yo no dejaré ninguno de los derechos legales de mi hijo/hija por firmar esta forma de consentimiento. En caso que mi hijo requiera asistencia médica, o alguien me cobre por su cuidado médico, que yo sienta que ha sido causado por la investigación yo debo contactar al investigador principal, Dra. Ma. Mercedes Meza Montenegro, al Instituto Tecnológico de Sonora, al teléfono (6444) 10-90-00.

### **AUTORIZACIÓN**

ANTES DE OTORGAR MI CONSENTIMIENTO FIRMANDO ESTA FORMA, SE ME EXPLICARON LOS MÉTODOS, INCONVENIENTES, RIESGOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO Y MIS PREGUNTAS FUERON CONTESTADAS. PODRÉ HACER PREGUNTAS EN CUALQUIER MOMENTO Y ESTOY EN LIBERTAD DE QUE MI HIJO/HIJA SE RETIRE DE ESTE PROYECTO CUANDO LO DECIDA SIN CAUSAR RESENTIMIENTOS. LA PARTICIPACIÓN DE MI HIJO/HIJA EN ESTE PROYECTO PUEDE TERMINAR A SOLICITUD DEL INVESTIGADOR, QUIEN ME EXPLICARÁ LAS RAZONES. LA INFORMACIÓN NUEVA QUE SE GENERE EN EL TRANSCURSO DEL ESTUDIO ME SERÁ PROPORCIONADA TAN PRONTO COMO ESTÉ DISPONIBLE, AUNQUE PUEDE AFECTAR MI DESEO DE CONTINUAR COLABORANDO EN ESTE PROYECTO. ESTA FORMA DE PROYECTO ESCRITO SERÁ ARCHIVADA EN UNA ÁREA DESIGNADA POR EL COMITÉ DE DERECHOS HUMANOS CON ACCESO RESTRINGIDO AL INVESTIGADOR PRINCIPAL, DRA. MA. MERCEDES MEZA MONTENEGRO O AL REPRESENTANTE AUTORIZADO DE LA UNIDAD DE SALUD AMBIENTAL Y OCUPACIONAL. NO RENUNCIO A LOS DERECHOS LEGALES DE MI HIJO/HIJA AL FIRMAR ESTA FORMA. ME SERÁ ENTREGADA UNA COPIA FIRMADA DE ÉSTA FORMA DE CONSENTIMIENTO.

\_\_\_\_\_  
Firma del padre o tutor

\_\_\_\_\_  
Fecha

### **TESTIMONIO DEL INVESTIGADOR**

He explicado cuidadosamente al participante la naturaleza del proyecto antes mencionado. Por este medio certifico que el participante quien esta firmando esta forma comprende claramente la naturaleza, necesidades, beneficios y riesgos implicados en su participación y su firma es válida legalmente. Problemas médicos o barreras de idioma o educación, no han impedido su comprensión.

---

Firma del presentador

---

Nombre del presentador

---

Fecha

---

Firma del investigador

---

Fecha

## FORMA DE CONSENTIMIENTO PARA NIÑOS DE 6-12 AÑOS DE EDAD

### Determinación de plaguicidas organoclorados (POC) en niños residentes de comunidades rurales del Valle del Yaqui, Sonora.

#### PROPÓSITO DEL ESTUDIO Y PROCEDIMIENTO

Estoy siendo invitado a participar en un estudio de investigación. Los investigadores quieren conocer las concentraciones de plaguicidas en mi sangre (sustancias químicas que se aplican a los cultivos o en las casas para matar insectos). Se me ha pedido que participe en este estudio porque soy residente de una comunidad agrícola por lo menos durante dos años. Los investigadores coleccionarán una muestra de sangre. Ellos analizarán las muestras para conocer las concentraciones de plaguicidas en éstas. Un entrevistador preguntará a mi mamá o papá acerca de mi condición de salud y hábitos nutricionales.

#### POTENCIALES BENEFICIOS

Mis padres recibirán los resultados de los análisis de laboratorio cuando estén disponibles. De estos estudios los investigadores conocerán los efectos de la exposición a plaguicidas en los niños lo cual posiblemente ayude a las personas en el futuro.

#### RIESGOS:

El único riesgo que existe en mi participación es la toma de muestra de sangre. El procedimiento puede causar dolor y hay un ligero riesgo de sangrado, magulladura o infección.

Yo puedo decidir salir del estudio en cualquier momento que quiera. Yo puedo preguntar cualquier cosa referente a este estudio en cualquier momento. A mi papá y mi mamá se les dará toda la información relacionada a este estudio y se les dará una copia firmada de esta forma de consentimiento. Se me ha explicado el objetivo de este estudio y yo quiero participar.

Consentimiento verbal      Si      No

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del participante

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Firma del presentador

\_\_\_\_\_  
Nombre del presentador

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Firma del investigador

\_\_\_\_\_  
Fecha

**(Anexo 2)**  
**Cuestionario para niños**  
**(6-12 años)**

**“Determinación de plaguicidas organoclorados (POC) en niños residentes de comunidades rurales del Valle del Yaqui, Sonora”.**

No. de identificación \_\_\_\_\_ Entrevistador \_\_\_\_\_  
 Fecha \_\_\_\_\_  
 Nombre del padre o tutor \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN GENERAL**

Nombre del participante \_\_\_\_\_ Sexo F \_\_\_ M \_\_\_  
 Edad \_\_\_\_\_  
 Dirección \_\_\_\_\_  
 Teléfono \_\_\_\_\_

**Nivel socioeconómico**

\_\_\_ Bajo  
 \_\_\_ Medio  
 \_\_\_ Alto

**TIEMPO DE RESIDENCIA Y ACTIVIDADES DEL NIÑO**

1. ¿Cuántos años ha vivido el niño en este pueblo? \_\_\_\_\_
2. Cercanía del hogar del menor a la tierra de cultivo \_\_\_\_\_
3. Año escolar \_\_\_\_\_
4. ¿Cuáles son las principales actividades del menor?  
 \_\_\_ Estudiar  
 \_\_\_ Jugar ¿Juegas en los campos de cultivo? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_ Trabajar  
 \_\_\_ Ayudar en las labores del hogar  
 \_\_\_ Otra  
 Especifique \_\_\_\_\_

5. ¿Acostumbra el niño a bañarse en los drenes de cultivo?  
 \_\_\_\_\_

6. ¿El niño ha tenido contacto con algún químico utilizado para eliminar insectos o fumigar las plantas? \_\_\_\_\_  
 ¿De que tipo? \_\_\_\_\_  
 Recuerda el nombre \_\_\_\_\_  
 ¿Qué químicos utilizan los padres en el hogar para los insectos?  
 \_\_\_\_\_

**HÁBITOS NUTRICIONALES**

7. ¿De dónde obtiene los alimentos que consume?

Directamente del campo  
 Del supermercado o tienda de tiempo  
 De otro lugar  
 Especifique \_\_\_\_\_

8. ¿Qué clase de alimentos consume?  
 Cereales (pan, tortillas, harinas, corn-flakes, papas, arroz)  
 Carnes (pollo, pescado, carne de res o de puerco, mariscos)  
 Embutidos (chorizo, salchichas, bolonia, jamón)  
 Granos (frijoles, lentejas, garbanzo)  
 Vegetales  
 Frutas  
 Otro  
 Especifique \_\_\_\_\_

9. ¿De dónde obtiene el agua que consume? \_\_\_\_\_  
 10. ¿De dónde obtiene el agua para cocinar? \_\_\_\_\_  
 11. ¿Cuál es la fuente de agua potable en su hogar? \_\_\_\_\_  
 12. ¿Cuántos litros de agua se toma el niño en las 24 horas (incluye día/noche)

#### CONDICIONES GENERALES DE SALUD

13. Peso \_\_\_\_\_  
 14. Altura \_\_\_\_\_  
 15. ¿Tiene servicio médico?  Si  No  
 16. ¿De cuál dependencia?  IMSS  SSA  ISSTESON  
 ISSSTE  Hospital general  
 Otro  
 Especifique \_\_\_\_\_

17. ¿El niño presenta alguna de las siguientes enfermedades?  
 Diabetes  Si  No Valor \_\_\_\_\_  
 Alta presión  Si  No Valor \_\_\_\_\_  
 Cáncer \_\_\_\_\_ Qué tipo? \_\_\_\_\_  
 Enfermedades de la piel \_\_\_\_\_ Qué tipo? \_\_\_\_\_  
 Infección del estómago/diarreas \_\_\_\_\_  
 Asma/tos \_\_\_\_\_  
 Alergias \_\_\_\_\_  
 Especifique \_\_\_\_\_

18. ¿En general como considera la salud del niño?  
 Buena  
 Regular  
 Mala

Al acercarse un avión fumigante aléjate lo más pronto posible.



No tocar ni utilizar envases de plaguicidas.

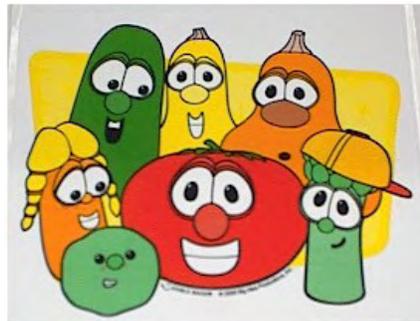


No bañarse en los drenes (canales) de cultivo.

No tocar ni jugar con los químicos de tu hogar.



**Cuídate**  
**Para un futuro más sano**



Come frutas y verduras

---

## PLAGUICIDAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA NIÑOS

---

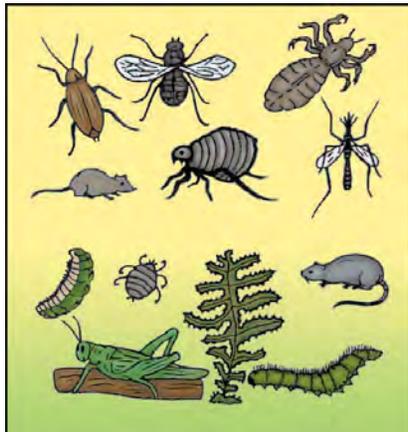


## ¿Que son las plagas?

Las plagas son cualquier organismo que se encuentra en cantidades suficientes para dañar severamente los cultivos, la salud de las personas o de los animales.

Las plagas de maleza en los cultivos compiten además con las plantas en el uso de espacio, de nutrientes, del agua y de la luz solar.

En el ser humano, las plagas transmiten enfermedades, como el caso de los vectores (insectos y roedores) que afectan la salud, comodidad y bienestar de las personas.



## ¿Que son los plaguicidas?

Los plaguicidas son sustancias químicas altamente tóxicas que permanecen durante muchos años en el ambiente causando problemas en la salud de las personas, estos plaguicidas son utilizados para el control de las plagas.



## ¿Como afectan mi salud?

Los plaguicidas pueden producir envenenamiento por la facilidad que tienen de ingresar al organismo; siendo las principales vías de ingreso la dérmica (piel), digestiva (boca), respiratoria (nariz). Estos compuestos se acumulan en tu cuerpo y pueden hacer efecto a corto, mediano o largo plazo, causando enfermedades.



## ¿Como puedo protegerme?

Al vivir cerca de un campo de cultivo, estas más expuesto a estos compuestos tóxicos, es por ello que necesitas tener más cuidado a ellos y tomar las precauciones que se indican a continuación:

No jugar en el campo durante las fumigaciones.

