

**CORRELACION BIOLÓGICO - AMBIENTAL DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS
ORGANOFOSFORADOS EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L) EN
LAS ZONAS AGRICOLAS DEL VALLE DE SIBUNDOY
(ALTO PUTUMAYO)**

JUAN PABLO CERRATO CORDOBA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGIA
POPAYAN
2012**

**CORRELACION BIOLÓGICO - AMBIENTAL DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS
ORGANOFOSFORADOS EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L) EN
LAS ZONAS AGRICOLAS DEL VALLE DE SIBUNDOY
(ALTO PUTUMAYO)**

JUAN PABLO CERRATO CORDOBA

TRABAJO DE GRADO

Director: Mg. NELSON ROJAS MARTINEZ
Maestría y Estudios de Doctorado en el Área de Biología Molecular y Celular

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN.
PROGRAMA DE BIOLOGIA
POPAYAN
2012

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres Ruth y Jaime por darme todo el apoyo necesario para formarme como persona y como profesional.

A Mis Hermanos: Ariel, Carolina, Ricardo, Luis David, Alejandro por ser ejemplo de profesionalismo y de hermandad.

A mis abuelos Bernarda, Roberto, Arcadio y Nohemí (q.e.p.d), y a mi tío Leo (q.e.p.d) por brindarme su apoyo desde el cielo.

A una amiga en especial que siempre estuvo pendiente apoyándome en la realización de mi trabajo.

A toda mi familia y mis amigos en general por creer en mí.

Al profesor Nelson Rojas director del trabajo de grado por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y por su orientación al momento del desarrollo del mismo.

Y, a todas las personas que de una u otra forma participaron en la ejecución del trabajo.

JUAN PABLO CERRATO CORDOBA

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2. JUSTIFICACION	8
3. OBJETIVOS	11
3.1 GENERAL	11
3.2 ESPECIFICOS	11
4. ANTECEDENTES	12
5. MARCO TEORICO	17
5.1 PLAGUICIDAS	17
5.2 ENFERMEDADES HEMATOLOGICAS INFANTILES (EHI)	21
5.2.1 LEUCEMIA	21
5.2.2 ANEMIA APLÁSICA	22
5.2.3 PURPURA TROMBOCITOPENICA IDIOPATICA	23
5.3 TECNICAS DE LABORATORIO	23
5.3.1 EXTRACCION EN FASE SOLIDA (SPE)	25
5.3.2 EXTRACCION LÍQUIDO - LÍQUIDO	26
5.3.2 CROMATOGRAFIA DE GASES	27
6. METODOLOGIA	29
6.1 TRABAJO DE CAMPO	29
6.2 TRABAJO DE LABORATORIO:	30
ANÁLISIS DE MUESTRAS AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS	
6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	34
7. RESULTADOS Y DISCUSION	37
7.1 INFORMACION OBTENIDA DE LAS ENCUESTAS	37

7.2 ANALISIS DE LABORATORIO	40
7.3 IDENTIFICACION (ANALISIS CUALITATIVO)	40
7.4 CUANTIFICACION	47
7.5 CORRELACION DE RESULTADOS	50
8. CONCLUSIONES	52
9. RECOMENDACIONES	54
10. BIBLIOGRAFIA	55
11. ANEXO	60
11.1 INVESTIGACION PRELIMINAR	61
11.2 RESULTADOS ENCUESTA NOVIEMBRE 2009	65
11.3 RESULTADOS ENCUESTA ABRIL 2010	68
FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y ENCUESTA	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización y dosificación de insecticidas en el cultivo de fríjol (CORPOAMAZONIA, 2007).

Tabla 2. Plaguicidas más usados en el mundo para el cultivo de fríjol y sus efectos sobre la salud CORPOAMAZONIA, 2007).

Tabla 3. Resumen de las principales investigaciones que asocian el uso de POFs en casos de EHI.

Tabla 4. Resumen de la correlación de los diferentes datos a analizar.

Tabla 5. Clasificación Toxicológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los plaguicidas de uso agrícola.

Tabla 6. Resumen de los casos de EHI identificados en el Valle de Sibundoy por Reporte y Encuestas.

Tabla 7. POFs identificados en las muestras analizadas.

Tabla 8. Cantidad de cada POF presente en las muestras (ppm: partes por millón).

Tabla 9. Resultados de la Espectrofotometría en UV visible aplicada a las muestras de estudio.

Tabla 10. Listado de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo) 2009.

Tabla 11. Listado de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo) 2010.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de E.H.I identificadas en las encuestas e informes estadísticos de los hospitales locales.

Figura 2. Edades y géneros registrados en las E.H.I.

Figura 3. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes a una muestra de agua tomada de diferentes lugares.

Figura 4. Proporción de POFs encontrados en agua. MP: Metil Paration, D: Dimetoato, M: Malation y C: Clorpirifos. AC: Agua Cruda y AP: Agua Potable. Los colores corresponden a el grado de toxicidad según la OMS (Tabla 3).

Figura 5. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes a una muestra de frijol colectada de fincas con diferentes métodos de cultivo. (A) Frijol Orgánico: (3) Metil Paration; (B) Frijol Tradicional: (4) Metil Paration.

Figura 6. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes a una muestra de orina tomada de dos fumigadores diferentes. (A) H1 Malation: (2) y (B) H5 Clorpirifos: (2).

Figura 7. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes al estandar de POFs (A) y a una muestra de orina tomada del sujeto control (J1) (B). Observar los tiempos de retención.

Figura 8. Resumen de los POFs identificados en las muestras de Orina.

Figura 9. Concentración en ppm de los POFs de interés presentes en cada muestra de agua (AP AC). C.M.A se refiere a la Concentración Máxima Aceptable. Los colores expresan el nivel de toxicidad para plaguicidas según la OMS (Tabla 3).

Figura 10. Concentración en ppm de Metil Paration presente en las muestras de frijol tanto orgánico (O) como tradicional (T). I.P se refiere al Índice Permisible.

Figura 11. Correlación entre los casos de EHI y Exposición a Plaguicidas.

Figura 12. Resumen de los POFs de interés encontrados en las diferentes muestras de estudio

Figura 13. Correlación entre residualidad y Exposición a POFs.

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Fuente hídrica afectada por residuos de agroquímicos del cultivo de frijol en el Valle de Sibundoy (CORPOAMAZONIA 2007).

Foto 2 a. Colector típico para la extracción en fase sólida. Los cartuchos de goteo en la cámara de abajo, donde los tubos recogen efluente. Un puerto de vacío con un manómetro se utiliza para controlar el vacío aplicado a la cámara.

b. Una selección de cartuchos de extracción en fase sólida, disponible en muchos tamaños, formas y tipos de fase estacionaria.

Foto 3. Un equipo de cromatografía gaseosa.

Foto 4. Espectrofotómetro.

Foto 5. Equipo de Filtración en seco.

Foto 6. Ubicación de algunas de las viviendas en las que se han reportado casos de leucemia infantil y enfermedades asociadas.

Foto 7. Fuente de agua contaminada por los plaguicidas aplicados en el cultivo de frijol.

Foto 8. Identificación de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol.

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Movimientos de los plaguicidas en el medio ambiente (Benito, 2002).

Imagen 2. Estructura química de los POFs.

Imagen 3. Rutas metabólicas de los plaguicidas organofosforados en el hombre (Children's Health and the Environment, 2008).

Imagen 4. Etapas de Extracción en Fase Sólida.

Imagen 5. Etapas de la Extracción Líquido – Líquido.

Imagen 6. Diagrama de un cromatógrafo de gases.

Imagen 7. Esquema del procedimiento SPE desarrollado para la determinación de plaguicidas en fluidos biológicos (Pitarch, 2001).

Imagen 8. Ubicación de las principales zonas para el cultivo de frijol en el Valle del Alto Putumayo.

Imagen 9. Espectros de absorción.

Imagen 10. Panfleto de información acerca del uso responsable de plaguicidas.

Imagen 11. La imagen aquí mostrada no es muy diferente a las condiciones reales en las que los niños están expuestos a plaguicidas.

RESUMEN

Se aplicó un estudio descriptivo enfocado en epidemiología ambiental, en el cual se analizó la posible incidencia que tiene el uso excesivo de plaguicidas organofosforados (POFs) en casos de Enfermedades Hematológicas Infantiles (EHI) como la leucemia. Lo anterior se realizó en una población dedicada al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), ubicada en las zonas agrícolas del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo). Para determinar la relación establecida (causa < efecto), se planteó la investigación desde tres puntos de vista: el primero (revisión bibliográfica), consistió en adquirir datos sobre estudios que asocien al uso excesivo de plaguicidas en casos de EHI; el segundo punto (trabajo de campo), fue obtener información por medio de encuestas en las cuales se conocieron los casos de EHI, (lo cual se corroboró con datos estadísticos de los hospitales locales) y registros sobre exposición a POFs en las familias identificadas; para el tercer punto (trabajo de laboratorio), se tomaron diferentes tipos de muestras (agua de llave y acueducto, frijol cosechado y orina de fumigadores) con el objetivo de determinar tanto cuantitativa como cualitativamente residuos de POFs por medio de Cromatografía de Gases (CG), esto con el fin de conocer la contaminación a la que están expuestos los habitantes de la zona de estudio. Los resultados de campo y laboratorio muestran un alto nivel de exposición a POFs en las familias en las que se identificaron todos los casos de EHI, lo que permite concluir que es muy probable que este tipo de productos químicos influyan en cierto modo en la aparición de estas enfermedades, además, la bibliografía da un buen soporte de esta posible asociación.

Palabras clave: Epidemiología Ambiental, Plaguicidas Organofosforados (POFs), Enfermedades Hematológicas Infantiles (EHI), Cromatografía de Gases (GC), Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L), Fumigación, Valle de Sibundoy (Alto Putumayo).

INTRODUCCION

La agricultura es uno de los procesos por los cuales el ser humano obtiene su alimento a partir de la tierra, gracias a esta, el hombre ha tenido una constante fuente de alimentos como los vegetales. El problema de esta situación, es cuando el hombre sobreexplota este recurso, y de manera indiscriminada interrumpe drásticamente los flujos del ecosistema en el cual cultiva, por ello la aparición de plagas y enfermedades a sus cultivos resulta inminente en la mayoría de casos. Además, “la introducción por el agricultor de especies nuevas más productivas genera desequilibrios ecológicos que tienen como consecuencia la proliferación de las plagas debidas a la desaparición de los predadores naturales” (Pitarch, 2001). Por lo anterior, la agricultura es la actividad en la que el consumo de plaguicidas es mayor.

Los plaguicidas comprenden un amplio grupo de compuestos químicos heterogéneos utilizados para matar insectos, maleza, hongos y roedores. Muchas veces los plaguicidas resultan benéficos ya que aumentan la productividad disminuyendo los costos por pérdida de cultivos; el problema es que estos compuestos son muy tóxicos y resultan en muchos casos perjudiciales para el medio ambiente, animales y por sobre todo para la salud humana, “debido a los potenciales efectos adversos, principalmente en los fetos y los niños” (Jurewicz *et al.*, 2006).

En Colombia se trabaja mucho la agricultura, la cual sirve de sustento para muchos de sus habitantes, por ello es un país que conoce y maneja el mercado de agroquímicos a escala internacional, sobre todo el de los plaguicidas. De entre los tipos de plaguicidas, los organofosforados son los insecticidas más utilizados para el control de plagas en los cultivos tanto afuera como adentro de nuestro país, siendo estos los más frecuentemente involucrados en las intoxicaciones en todo el mundo (Cárdenas *et al.*, 2005). En comparación con los plaguicidas organoclorados, los organofosforados son poco persistentes en el ambiente, aunque son altamente tóxicos, y además, “se ha detectado que los productos no persistentes se convierten en otros que sí lo son y que los productos en descomposición son generalmente más dañinos que el producto padre” (Documento de la Auditoria General de la República de Colombia, 2004).

La aplicación de plaguicidas genera muchos problemas, ya que a pesar de aplicarse a un sitio específico, resulta perjudicial debido a las condiciones ambientales y los fenómenos meteorológicos que básicamente transportan estos agrotóxicos a diferentes sitios en forma difusa. Por ello, “se pueden generar efectos negativos en los individuos que están tanto adentro como afuera de los procesos de producción agrícola, así como a los ecosistemas naturales e hidrobiológicos y a la flora y fauna” (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

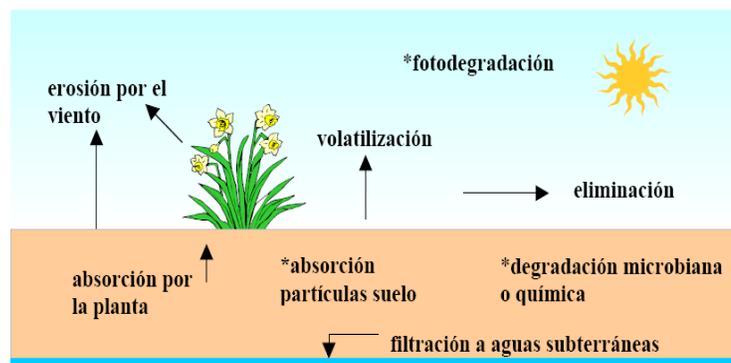


Imagen 1. Movimientos de los plaguicidas en el medio ambiente (Benito, 2002)

Básicamente, el uso intensivo de plaguicidas trae problemas para la salud humana de dos formas, la primera resulta ser una intoxicación leve o muy grave debida a una exposición momentánea o en un lapso de tiempo muy corto (intoxicación aguda), y la otra es una intoxicación crónica que resulta de una exposición continua a estos compuestos. “Se detectó que en Colombia existe un programa de control a la intoxicación aguda, mas no a la crónica (mutagénicos, oncogénicos (tumores), y neurológicos). Hay una deficiencia en datos en cuanto a los efectos de los plaguicidas en la salud humana” (Documento de la Auditoria General de la República, 2004).

Como muchos productos químicos, los plaguicidas resultan ser a la larga muy perjudiciales para la salud humana. Sus aplicaciones incontroladas y continuas, y la utilización de productos muy tóxicos son sobre todo las causantes de enfermedades muy graves en especial en la población infantil (Monge, 2006). “Está demostrada desde hace mucho tiempo la asociación de la supresión entre el sistema inmune y el aumento de la incidencia de infecciones y cáncer. También está probado que la exposición ambiental a sustancias químicas, muchas de las cuales son plaguicidas o contaminantes de estas sustancias, pueden alterar el funcionamiento del sistema inmunitario, provocando inmunodeficiencias” (Benito, 2002). Lo anterior puede verse reflejado en los casos de enfermedades hematológicas graves como la leucemia, anemia aplásica y purpura trombocitopénica, que se han venido presentando en la población infantil de diferentes familias del sector rural del Valle de Sibundoy dedicadas a la agricultura y que según reportes muestran la posible relación existente entre los plaguicidas organofosforados y estas enfermedades. (Jurewicz *et al.*, 2006; Ferrís *et al.*, 1999; Xiaomei Ma *et al.*, 2002; Monge, 2006; Benito, 2002; Badii y Landeros, 2007; Leiss y Savitz, 1995; Meinert *et al.*, 2000; Callén, 2004; Benítez, 2002; Machín *et al.*, 1999; Carnot, 2008). La situación al respecto es que enfermedades como la anemia aplásica y la purpura trombocitopénica pueden ser la manifestación más temprana de enfermedades más graves como lo es la leucemia (Avalos, 2007; Moustacchi, 2002; Machín *et al.*, 1999; Normas para los cuidados clínicos, 2003).

Las zonas rurales del Valle de Sibundoy dependen mucho de la agricultura, especialmente de cultivos como el fríjol, tomate, lulo, entre otros, que para su crecimiento y desarrollo requieren de la adición de diferentes plaguicidas en especial los insecticidas organofosforados y carbamatos (CORPOAMAZONIA, 2007). Los problemas que se

presentan con respecto a estos agroquímicos, son las aplicaciones incontroladas y la gran variedad de insumos utilizados para el control de plagas, por ello, y dada la gran demanda que tiene el frijol del Valle de Sibundoy, se ha buscado implementar una guía de Producción Más Limpia (PML) para este cultivo (CORPOAMAZONIA, 2007), orientada al manejo limpio, sostenible y competitivo del cultivo de frijol en el Alto Putumayo; además, en base a la anterior guía, se implementará un proyecto del cual son participe los objetivos a desarrollar en este trabajo; este proyecto denominado Técnicas para la Disminución de Agroquímicos en el Cultivo de Frijol en el Valle de Sibundoy, consiste en sustituir la agricultura convencional, que generalmente requiere de la aplicación de diversos plaguicidas, por una agricultura orgánica y libre de agroquímicos.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Valle de Sibundoy (Alto Putumayo), tradicionalmente ha basado su economía en el sector agropecuario. Las producciones agrícolas de fríjol (bolón rojo, cargamanto, balín, entre otros) y frutales (manzana, feijóa y tomate de árbol) son una de las principales actividades económicas del Valle de Sibundoy que sirven de sustento a muchas familias indígenas y campesinas que las cultivan, y que hacen parte de los suministros alimenticios de los colonos o criollos que habitan la zona; además, el frijol como producto agrícola principal, se comercializa en otras regiones de Colombia (CORPOAMAZONIA, 2007).

Como es muy bien sabido toda práctica agrícola tiene que lidiar con todo tipo de plagas, por eso es necesario proteger la tierra y sus productos de cualquier amenaza biológica; además, cuando se busca aumentar la producción generalmente se introducen especies nuevas y más productivas a una zona de cultivo por parte del agricultor, esto puede ser benéfico desde el punto de vista económico, pero desde la perspectiva ecológica resulta perjudicial ya que genera desequilibrios que favorecen la aparición y proliferación de plagas debidas a la desaparición de los predadores naturales (Pitarch, 2001). Por la anterior razón y dado que en el comercio de fríjol se requiere de un producto que tenga un buen aspecto (color, forma y tamaño), se utiliza en el Valle de Sibundoy como única alternativa el uso de plaguicidas en especial los insecticidas organofosforados que con pocos conocimientos previos sobre su uso y aplicación son agregados a los cultivos para su crecimiento y desarrollo (CORPOAMAZONIA, 2007).

Insecticida	Dosis promedio usadas	Dosis recomendada	Categoría toxicológica	Color
Dominex	15cm ³ /bomba	12cm ³ /bomba	III	Azul
Sistemin	20cm ³ /bomba	16cm ³ /bomba	II	Amarillo
Metavin	10gr/bomba	10gr/bomba	I	Rojo
Roxion	30cm ³ /bomba	25cm ³ /bomba	II	Amarillo
Trigard	6gr/bomba	6gr/bomba	IV	Verde
Deas	11gr/bomba	16gr/bomba	IV	Verde
Karate	12cm ³ /bomba	8cm ³ /bomba	III	Azul
Flambas	6gr/bomba	20gr/bomba	IV	Verde
Furadan	29cm ³ /bomba	72cm ³ /bomba	I	Rojo
Lanate	20cm ³ /bomba	15cm ³ /bomba	I	Rojo
Cipermetrina	11cm ³ /bomba	20cm ³ /bomba	II	Amarillo
Monitor	20cm ³ /bomba	20cm ³ /bomba	I	Rojo
Faxtac	10cm ³ /bomba	15cm ³ /bomba	II	Amarillo
Paratión	20cm ³ /bomba	40cm ³ /bomba	I	Rojo
Apache	10cm ³ /bomba	12cm ³ /bomba	II	Amarillo
Taron	10cm ³ /bomba	10cm ³ /bomba	I	Rojo

Tabla 1. Caracterización y dosificación de insecticidas en el cultivo de fríjol

La situación con la utilización de plaguicidas resulta muchas veces contradictoria, por un lado ha conseguido aumentar la producción de alimentos y mejorar la salud humana disminuyendo plagas y evitando la propagación de enfermedades, y por el otro lado, perjudica el medio ambiente y al hombre prácticamente envenenándolo. Es por ello que se deben vigilar los daños ambientales y de salud ocasionados por su uso a gran escala, de manera que puedan hacerse las correcciones pertinentes. “La preocupación por los efectos nocivos derivados de la utilización de los plaguicidas en las actividades agrícolas en una constante en nuestra sociedad actual. El número de plaguicidas utilizado hoy en día es muy alto y su composición química muy variada, con lo que los efectos tóxicos y los problemas ambientales derivados de su amplia utilización en la agricultura son complejos y muy variados” (Pitarch, 2001).

Los plaguicidas utilizados en la actividad agrícola pueden persistir en el ambiente dado que los residuos permanecen en la tierra o fluyen por el aire o el agua. Es así como las comunidades rurales del Alto Putumayo dedicadas a la agricultura, y cuyas residencias son aledañas a los cultivos, se encuentran en exposición continua a estos plaguicidas (CORPOAMAZONIA, 2007). Esto puede traer consigo envenenamiento que puede resultar en intoxicaciones agudas (a corto plazo) y crónicas (largo plazo) (Badii y Landeros, 2007). Las intoxicaciones crónicas son de interés en este caso ya que traen consigo consecuencias más graves, atribuidas en muchos casos a enfermedades graves como lo es la anemia aplásica, purpura trombocitopenica y cáncer en la sangre (Leucemia), por sobre todo en la población infantil (Jurewicz *et al.*, 2006; Ferrís *et al.*, 1999; Xiaomei Ma *et al.*, 2002; Monge, 2006; Benito, 2002; Leiss y Savitz, 1995; Meinert *et al.*, 2000; Callén, 2004; Benítez, 2002; Machín *et al.*, 1999; Carnot, 2008).

“Son pocos o casi nulos los cuidados que tienen los agricultores del Valle de Sibundoy en la aplicación de plaguicidas. Las entrevistas con algunos de los cultivadores de frijol más reconocidos de la región del Alto Putumayo indican que se están utilizando agroquímicos de alta toxicidad en dosis que superan hasta en 50% las aplicaciones y concentraciones requeridas” (CORPOAMAZONIA, 2007). Otro de los inconvenientes más comunes relacionados con el uso indiscriminado y el manejo de plaguicidas son los siguientes (CORPOAMAZONIA, 2007):

- Alta utilización de mezclas de productos en una misma aplicación: insecticidas y fungicidas, aun del mismo principio activo.

Las sustancias tóxicas en las mezclas pueden modificar su efecto tóxico sobre los seres vivos, aumentándolo o disminuyéndolo. Con base en cada uno de los plaguicidas que contienen las mezclas, se pueden predecir sus efectos tóxicos sobre las personas.

- Preparación y lavado de equipos muy cerca, o directamente en las fuentes de agua, en pocetas y tanques de agua de la vivienda de la finca.
- Inadecuada disposición final de envases, empaques y residuos de plaguicidas.
- Falta de ropa e implementos adecuados que les brinde protección a los aplicadores.

- Hábitos inadecuados en el proceso de aplicación (comer, beber, fumar y no bañarse ni cambiarse de ropa después de aplicar plaguicidas)
- Lavado de ropas de los aplicadores sin separarlas del resto de ropas de la familia.
- Almacenamiento de productos agroquímicos en áreas comunes de la vivienda.

Estas características no cumplen con la información que brindan las Guías Ambientales para el Subsector de Plaguicidas publicada por el Ministerio del Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial en 2003, la cual describe con detalle los métodos y procesos correspondientes a un manejo adecuado y sostenible de este tipo de productos químicos.

Con lo anterior, y dada la continua exposición a la que están sometidos los agricultores, existe la posibilidad de encontrar una relación etiológica entre los residuos de plaguicidas organofosforados en el ambiente con los casos de leucemia infantil y enfermedades asociadas que se han presentado repentina y consecutivamente en los últimos años en el Valle de Sibundoy.

2. JUSTIFICACION

Mucha de la investigación que se obtiene acerca de la incidencia de los plaguicidas en enfermedades como la leucemia se reporta en el exterior (Estados Unidos, Costa Rica, Chile, Europa, entre otros). En cambio para Colombia no se maneja mucho este ámbito, la mayoría de información que se conoce al respecto, es acerca de intoxicaciones agudas, mas no de crónicas (mutagénicos, oncogénicos (tumores), y neurológicos). Por lo anterior es muy importante indagar mucho más en este aspecto, y así comprender mejor los efectos de los plaguicidas en la salud humana.

Hasta el momento no se han realizado investigaciones que estimen la bioacumulación de estos plaguicidas y su residualidad en el ambiente en las zonas agrícolas del Valle de Sibundoy; por ello se busca aplicar esta investigación, además, de implementar la guía de Producción Más Limpia (PML) conjunto a la aplicación de Técnicas para la Disminución del Uso de Agroquímicos en el cultivo de frijol (CORPOAMAZONIA, 2007), las cuales son una buena alternativa que tienen los agricultores para lograr minimizar los daños que trae consigo el uso intensivo de plaguicidas, además, de sustituir la agricultura convencional por una orgánica y libre de agroquímicos. Dentro de los puntos a tratar en estas guías está el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), que para su aplicación requiere de la aprobación de los cultivadores quienes por evitar pérdidas económicas no pretenden aplicar este sistema. Por lo anterior se busca desarrollar este proyecto con el fin de sensibilizar a los agricultores sobre los efectos en la salud (sobre todo en la población infantil) que trae consigo el uso intensivo de plaguicidas.

Dentro de los efectos sobre la salud en los niños, se podría considerar a enfermedades hematológicas graves como la leucemia, anemia aplásica y purpura trombocitopenica (Jurewicz *et al.*, 2006; Ferrís *et al.*, 1999; Xiaomei Ma *et al.*, 2002; Monge, 2006; Benito, 2002; Leiss y Savitz, 1995; Meinert *et al.*, 2000; Callén, 2004; Benítez, 2002; Machín *et al.*, 1999; Carnot, 2008), que según los datos estadísticos del Hospital Infantil de Pasto (Nariño), existe un total de 21 casos registrados, 14 de ellos confirmados en este estudio, de estas enfermedades en el Valle de Sibundoy por consulta u hospitalización, en su mayoría en una población menor de 15 años. Según estos reportes (2000 hasta el 2009) (Ver tabla 5) en promedio se identifican 2 casos por año de este tipo de enfermedades, en orden descendente de acuerdo al número de casos: leucemia, anemia aplásica y purpura trombocitopenica. Es de resaltar que sumado a los agricultores, los pueblos vecinos se encuentran en riesgo de contraer algún tipo de intoxicación dado que el comercio de los productos cultivados se realiza en los sitios mencionados, y en los puntos de comercio fuera del departamento del Putumayo. Es conveniente llevar a cabo este proyecto, si consideramos que las zonas dedicadas al cultivo y sus alrededores no deben contener residuos de plaguicidas, pues son componentes causa – efecto de problemas en Salud Publica que en este caso podrían considerarse en el nivel de una intoxicación crónica. “Debido a las incertidumbres en los datos existentes hay una necesidad de evaluar más allá las relaciones entre la exposición a plaguicidas y leucemia infantil” (Xiaomei Ma *et al.*, 2002).

Una prueba preliminar hecha a partir de muestras tomadas en campo (Vereda Leandro Agreda – Valle del Alto Putumayo) por medio de espectrofotometría en UV visible indica la presencia de residuos de organofosforados en frijol, lulo, pasto, tierra y por sobre todo en agua de llave, lo cual sería un indicio de la exposición a plaguicidas a la cual están sometidos los agricultores de la zona (Ver Anexo. Investigación Preliminar).

Para determinar si los plaguicidas tienen efecto sobre la salud humana en las zonas agrícolas del Valle de Sibundoy, es importante conocer los hábitos de vida que tenían o tienen la mayoría de pacientes afectados con enfermedades hematológicas, esto con el fin de determinar su grado de exposición a plaguicidas. Para complementar esta información es primordial realizar una prueba que cuantificara y cualificara residuos de insecticidas organofosforados en las muestras a tomar; esta prueba denominada Cromatografía de Gases complementada con SPE (Extracción en fase solida) y LLE (Extracción liquido – liquido) podría identificar el grado de exposición de los agricultores a estos agentes contaminantes (International Programme on Chemical Safety, 1986; Pitarch, 2001; Torres y Capote, 2004; Vidal *et al.*, 2004; Ortiz *et al.*, 1990; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos – ANDI, 2003). Las anteriores pruebas son convenientes realizarlas en muestras de agua de llave, para determinar los niveles de plaguicidas luego de su aplicación; además, dada las facilidades y la fiabilidad de los resultados, se pueden complementar los análisis cromatográficos en muestras de orina de las personas afectadas, sumado a pruebas en semillas de frijol recién cosechadas, ya que debido a las fumigaciones podrían contener grandes cargas de plaguicidas. Es de señalar que el frijol cosechado por las familias no solo se utiliza para la venta, sino que además es para su propio consumo. Con lo anterior se puede corroborar la persistencia e incidencia que pueden tener estos agroquímicos en el ambiente y en la salud humana.

Toda esta situación que engloba el uso excesivo de plaguicidas no solo es de interés epidemiológico, ya que además, el medio ambiente sufre alteraciones a considerar, entre ellas está la contaminación de los ríos, de las aguas subterráneas y de los alimentos. “Debido a las prácticas agrícolas actuales de explotación del terreno, los cultivos han perdido diversidad. Los suelos que se han dejado de cultivar sufren una elevada erosión, pierden materia orgánica y están contaminados con plaguicidas y metales pesados. Los plaguicidas se filtran a las aguas subterráneas por lixiviación, y aumentan los daños ecológicos” (Benito, 2002).



Foto 1. Fuente hídrica afectada por residuos de agroquímicos del cultivo de frijol en el Valle de Sibundoy

Dada esta situación, es necesario determinar la presencia de los plaguicidas en muestras ambientales y biológicas, y es preciso realizar el estudio para el seguimiento de cada uno de los ambientes que estén sujetos a posibles alteraciones producto de su uso. Todo esto en aplicación de la guía de PML y de las Técnicas para la Disminución de Agroquímicos en el cultivo de frijol.

3. OBJETIVOS

GENERAL

- ✓ Evaluar la presencia de insecticidas organofosforados residuales o sus derivados en el ambiente y en las personas expuestas a estos compuestos químicos para determinar su posible incidencia con los casos de enfermedades hematológicas infantiles de las zonas agrícolas del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo).

ESPECIFICOS

- ✓ Identificar y cuantificar mediante SPE (Extracción en fase solida) (frijol y orina), LLE (Extracción liquido – liquido) (agua de llave) y cromatografía de gases los residuos de plaguicidas organofosforados presentes en muestras ambientales (agua de llave y de acueducto) y muestras biológicas de origen vegetal (semillas de frijol) y humano (orina).
- ✓ Comparar los resultados cromatográficos de los cultivos en los que se aplican plaguicidas de forma convencional, con los cultivos en donde se han aplicado las técnicas para la disminución de agroquímicos y hacer un paralelo cuantitativo y cualitativo de los 2 tipos de cultivos de acuerdo al uso de plaguicidas.
- ✓ Correlacionar los resultados cromatográficos con la información obtenida de las encuestas para describir el grado de exposición de los agricultores a insecticidas organofosforados, y analizar su posible asociación con los casos de enfermedades hematológicas infantiles en el Valle de Sibundoy.

4. ANTECEDENTES

“El uso indiscriminado de plaguicidas trae consecuencias muy graves tanto en el ambiente como en el hombre. Por ello se han realizado estudios para determinar la magnitud de la contaminación ambiental, en el ámbito global y local, producto de la actividad agrícola intensiva, fundamentalmente del uso de agroquímicos. Los resultados muestran un alto nivel de contaminación no sólo del ambiente, sino en los seres humanos, lo que se manifiesta en enfermedades, destrucción de flora, fauna y de los recursos naturales disponibles” (Torres y Capote, 2004).

“Las prácticas agrícolas en el Valle de Sibundoy, en especial las del cultivo de frijol no son muy sostenibles por sus prácticas inadecuadas de laboreo y manejo de plaguicidas, lo cual está deteriorando de manera considerable los recursos naturales (fuentes de agua, suelos, flora y fauna), por el hecho de que hay vertimientos de aguas cargadas de plaguicidas y nutrientes, ya que más de la mitad de las fincas dedicadas al cultivo de frijol aplican dosis superiores hasta en 50% de lo requerido” (CORPOAMAZONIA, 2007). Además como parte de la investigación, se realizaron unas encuestas en las que todas las familias identificadas durante el 2009 y 2010 afirman haber estado expuestas de manera constante al uso intensivo de plaguicidas en cultivos de frijol en el Valle de Sibundoy (Ver Anexo. Encuesta 2009 y 2010). Por las anteriores razones se expone a la comunidad agrícola a problemas de Salud Pública que en muchos casos podrían relacionarse con los casos de enfermedades hematológicas (leucemia, anemia infantil y purpura trombocitopénica) (Jurewicz *et al.*, 2006; Ferrís *et al.*, 1999; Xiaomei Ma *et al.*, 2002; Monge, 2006; Benito, 2002; Leiss y Savitz, 1995; Meinert *et al.*, 2000; Callén, 2004; Benítez, 2002; Machín *et al.*, 1999; Carnot, 2008).

Plaguicidas de uso frecuente en el cultivo del frijol				
Nombre comercial	Nombre genérico	Efecto dañino en personas y animales		
		Toxicidad aguda	Daños crónicos	Daños ambientales
Filltos Tamarón MTD 600	Metamidofós	Altamente peligroso ↓ Intoxicación severa ↓ Muerte	• Daños al sistema nervioso. • Malformaciones congénitas. • Daños al hígado. • Infertilidad.	• Tóxico extremo para camarones. • Moderado para peces. • Alta para aves, abejas, benéficos.
Gramoxone	Paraquat	Moderadamente peligroso ↓ Alergias Intoxicación severa ↓ Muerte	• Restringido en Estados Unidos por efectos crónicos. • Prohibido en Suecia por alta toxicidad aguda, efectos tóxicos irreversibles y alto riesgo de accidentes.	
Furadán	Carbofurán	Altamente peligroso ↓ Intoxicación severa ↓ Muerte	• Lesiones en aparato reproductor (testículos y útero) confirmado en animales.	• Tóxico extremo para peces, camarones y aves. • Alta para insectos. • Ha causado matanzas de aves en los Estados Unidos "Un granito mata un ave pequeña".
Counter	Terbufós	Extremadamente peligroso	• Daños al sistema nervioso. • Pérdida de memoria. • Irritabilidad. • Ansiedad. • Reacción retardada.	• Tóxico extremo para peces y crustáceos. • Tóxico mediano para aves e insectos.

Marshall	Carbosulfán	Moderadamente tóxico.	• Daño a riñones. • Inmunodepresor (baja las defensas).	• Altamente tóxico para aves. • Extremadamente tóxico para peces y crustáceos.
Diazinón	Diazinón	Moderadamente tóxico.	• Produce alergias. • Alteraciones genéticas.	• Tóxico extremo para peces y crustáceos.
Dipterex	Oxidemetom	Altamente peligroso ↓ Intoxicaciones ↓ Muerte	• Daño al aparato reproductor (infertilidad).	• Contamina aguas subterráneas.
Gesaprim	Atrazina	Alergético.	• Daño al sistema nervioso. • Cancerígeno.	• Contamina el agua.
Lorsban	Clorpirifos	Moderadamente peligroso.	• Daño al sistema nervioso.	• Contaminante.

Fuente: Adaptado de OMS, 2005.

Tabla 2. Plaguicidas más usados en el mundo para el cultivo de frijol y sus efectos sobre la salud

Existen muchas dificultades en el desarrollo de los estudios epidemiológico para identificar la responsabilidad de un plaguicida en un proceso cancerígeno, dado que lo habitual los individuos estén expuestos a múltiples productos. “Así y todo, se han establecido relaciones entre la exposición (laboral o no) a plaguicidas y determinados tipos de cáncer” (Benito, 2002). “Sumado a esto, los niños, las mujeres gestantes, los ancianos y los enfermos con rutas metabólicas alteradas, son especialmente sensibles a la actividad toxica de los plaguicidas” (Pitarch, 2001).

Las leucemias infantiles son los canceres más comunes entre los niños, en la mayoría de casos se desconoce su etiología. Un número de factores de riesgo ha sido propuesto en la literatura, entre ellos está el género, edad, factores genéticos, etnicidad, exposición a radiación ionizante, infecciones y agentes químicos. Estos últimos han marcado mayor trascendencia dado su uso como plaguicidas en la agricultura, debido a la exposición parental ocupacional antes y durante el embarazo. Lo anterior ha sido sugerido en muchos estudios epidemiológicos (Mongue, 2006; Daniels *et al.*, 1997; Infante-Rivard and Scott Weichenthal, 2007; Rudant *et al.*, 2007).

El periodo en el cual se expone a los plaguicidas es relevante para la presencia de enfermedades hematológicas, dado que el periodo de pre-embarazo y los periodos pre y postnatal son clave. (Badii y Landeros, 2007). Por ejemplo, un estudio encontró que los niños que habían nacido de madres que habían usado plaguicidas durante los últimos meses de embarazo tuvieron un riesgo tres veces mayor de desarrollar leucemia en la niñez, mientras que los niños expuestos después de nacer presentaban un riesgo dos veces mayor (Leiss y Savitz, 1995).

No solo la exposición ocupacional a plaguicidas se relaciona con casos de enfermedades hematológicas como la leucemia. La situación es que no todas las familias que viven en las zonas rurales del Valle de Sibundoy se dedican a la agricultura; el problema al respecto es que dada su cercanía a los cultivos de frijol, y debido a las condiciones ambientales y los fenómenos meteorológicos de este sector del Putumayo, sumado al hecho de que los plaguicidas se aplican en su mayoría por el método de aspersión, estos se transportan a los hogares en donde no se trabaja cultivando. Por ello muchas familias de estas áreas estarían expuestas de manera indirecta al efecto de estos plaguicidas, así como los ecosistemas naturales e hidrobiológicos y la flora y fauna. Lo anterior puede verse evidenciado en estudios en donde se encontró un incremento de leucemias y linfomas no Hodgkin en niños residentes en zonas de elevada exposición a plaguicidas (Meinert *et al.*, 2000), y en adultos expuestos a diferentes plaguicidas, no necesariamente ligado a su actividad laboral (Benito 2002).

Hasta el momento solo se puede especular el por qué la exposición parental y la de sus hijos a plaguicidas tienen incidencia sobre el cáncer infantil. La mayoría de los plaguicidas se consideran cancerígenos, aunque se cree que son no genotóxicos. “Potenciales mecanismos genotóxicos y no genotóxicos para cáncer infantil incluyen exposición preconcepcional causando mutación de células germinales parentales o efectos epigenéticos como la alteración de la impronta parental (imprinting patterns), o la

exposición transplacental causando mutaciones celulares somáticas en el embrión / feto o alteraciones en la función hormonal o inmunológica” (Daniels *et al.*, 1997; Saunders *et al.*)

En resumen hay tres mecanismos por medio de los cuales los plaguicidas contribuyen a la generación de cáncer: a) causando efectos genotóxicos, es decir cambios directos en el material genético o ADN; b) siendo promotores del cáncer, causando la fijación y proliferación de grupos de células anormales. Este proceso puede incluir efectos hormonales que pudieran estimular la sensibilidad en ciertas células a los carcinógenos, y c) debilitando el sistema inmunológico en la vigilancia que el cuerpo realiza de sustancias invasoras carcinógenas. No todos los plaguicidas provocan cáncer aunque un sólo plaguicida puede desarrollar más de un mecanismo que genera esta enfermedad (Pesticides and Human Health, 2000).

TITULO	TIPO DE ESTUDIO NUMERO DE CASOS	PLAGUICIDA ESTUDIADO	TIPO DE CANCER	RESULTADOS	AUTOR AÑO
Parental occupational exposure to pesticides and the risk of childhood leukemia in Costa Rica	Exposición de los padres a pesticidas y el riesgo de leucemia en los hijos Estudio de casos y control en Costa Rica. Casos de leucemia infantil (N = 334), en el período 1995-2000, se identificaron en el Registro de Cáncer y el Hospital de los Niños. Controles de la población (n = 579) fueron extraídos de la Secretaría Nacional de nacimiento. Se realizaron las respectivas encuestas. Un modelo de exposición fue construido para 25 plaguicidas en cinco períodos de tiempo.	Plaguicidas Organofosforados	Leucemia	Los resultados sugieren que la exposición de los padres a ciertos pesticidas puede aumentar el riesgo de leucemia en los hijos.	Monge 2007
Critical windows of exposure to household pesticides and risk of childhood leukemia.	El potencial papel etiológico de la exposición a los pesticidas del hogar fue examinado en el estudio del norte de California la leucemia infantil. Un total de 162 pacientes (0-14 años) con diagnóstico reciente de leucemia fueron rápidamente comprobados durante 1995-1999, y 162 sujetos de control fueron seleccionados al azar del registro de nacimientos.	Insecticidas y herbicidas	Leucemia	Exposiciones tempranas a insecticidas en la vida parecen ser más importantes que las exposiciones posteriores, y el mayor riesgo se observó para la exposición durante el embarazo. Además, la exposición más frecuente a los insecticidas se asoció con un riesgo más alto. Los resultados sugieren que la exposición a plaguicidas domésticos se asocia con un riesgo elevado de leucemia en la infancia e indican la importancia del momento y el lugar de la exposición.	Xiaomei Ma 2002
Home pesticide use and childhood cancer: a case-control study.	La asociación entre cáncer infantil y el uso de pesticidas en casa se examinó en un estudio caso-control de los niños menores de 15 años de edad. Los padres de 252 niños diagnosticados con cáncer en el área de Denver entre 1976 y 1983 y de 222 sujetos de control fueron entrevistados sobre el uso de la exterminación de plagas en casa, el tratamiento de jardín, y las tiras de plagas.	Insecticidas y herbicidas	Sarcomas leucemias	Las asociaciones más fuertes se encontraron para los tratamientos de jardín y los sarcomas de tejidos blandos (odds ratio [OR] alrededor de 4,0) y para el uso de las tiras de plagas y las leucemias (OR entre 1,7 y 3,0). Estos resultados sugieren que el uso de plaguicidas puede estar asociado con algunos tipos de cáncer infantil.	J K Leiss and D A Savitz 1995
Critical windows of exposure to household pesticides and risk of childhood leukemia.	El potencial papel etiológico de la exposición a los pesticidas del hogar fue examinado en el estudio del norte de California la leucemia infantil. Un total de 162 pacientes (0-14 años) con diagnóstico reciente de leucemia fueron rápidamente comprobado durante 1995-1999, y 162 sujetos de control fueron seleccionados al azar del registro de nacimientos.	Insecticidas y herbicidas	Leucemia	Exposiciones tempranas a insecticidas en la vida parecen ser más importantes que las exposiciones posteriores, y el mayor riesgo se observó para la exposición durante el embarazo. Además, la exposición más frecuente a los insecticidas se asoció con un riesgo más alto. Los resultados sugieren que la exposición a plaguicidas domésticos se asocia con un riesgo elevado de leucemia en la infancia e indican la importancia del momento y el lugar de la exposición.	Xiaomei Ma 2002
Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad	Se presentan las propiedades y características de los plaguicidas, incluyendo la solubilidad en agua, El coeficiente de partición lípido-agua, la presión de vapor, disociación e ionización, y degradabilidad. Se anotan de forma breve los tipos de envenenamiento por plaguicidas con énfasis en los tipos directos como el envenenamiento agudo, crónico, secundario, y efectos indirectos. Se discuten la forma de la determinación de riesgos, la interpretación de los efectos ambientales a partir de datos de pruebas de toxicidad.	Plaguicidas de organoclorados, organofosforados y carbamatos	Cáncer en cerebro, mamario, colon-rectal, páncreas, riñón, pulmones, próstata, estómago, leucemia, ovarios, testicular.	El periodo en el cual se expone a los plaguicidas es relevante para la presencia de la leucemia, ya que se observó que el periodo de pre-embarazo y los periodos pre y postnatal son clave. La exposición a insecticidas en general, carbamatos y organofosforados, está ligado al incremento del riesgo de leucemia.	Badii y Landeros 2007

Home pesticide use and childhood cancer: a case-control study.	La asociación entre cáncer infantil y el uso de pesticidas en casa se examinó en un estudio caso-control de los niños menores de 15 años de edad. Los padres de 252 niños diagnosticados con cáncer en el área de Denver entre 1976 y 1983 y de 222 sujetos de control fueron entrevistados sobre el uso de la exterminación de plagas en casa, el tratamiento de jardín, y las tiras de plagas.	Insecticidas y herbicidas	Sarcomas y leucemias	Las asociaciones más fuertes se encontraron resultados para los tratamientos de garaje y los sarcomas de tejidos blandos (odds ratio [OR] alrededor de 4,0) y para el uso de las tiras de las plagas y las leucemias (OR entre 1,7 y 3,0). Estos resultados sugieren que el uso de plaguicidas de origen puede estar asociado con algunos tipos de cáncer infantil.	J K Leiss and D A Savitz 1995
Leukemia and Non-Hodgkin's Lymphoma in Childhood and Exposure to Pesticides: Results of a Register-based Case-Control Study in Germany	Este artículo presenta los resultados de un estudio basada en la población de casos y controles de padres con niños de 15 años de edad, que se llevó a cabo en los estados de la República Federal de Alemania desde 1993 hasta 1997. Los casos fueron 1.184 los niños con leucemia, 234 con linfoma no-Hodgkin, y 940 con un tumor sólido, 2.588 controles también fueron incluidos.	Insecticidas	Leucemia y linfoma.	Se comprobó que la exposición ocupacional parental estaba relacionada con el cáncer infantil, independientemente del período de tiempo de exposición y el tipo de cáncer. Los datos proporcionan evidencia de un mayor riesgo de leucemia de los niños que viven en las granjas y de una asociación entre el uso de plaguicidas domésticos y el riesgo de leucemia o el linfoma.	Meinert 1999
Pediatric Acute Lymphoblastic Leukemia and Exposure to Pesticides	Se evaluaron las asociaciones de la exposición a plaguicidas en un entorno residencial, con el riesgo para la LLA pediátrica. Se trata de un estudio caso-control de niños recién diagnosticados con LLA, y sus madres (n = 41 pares madre-hijo) reclutados en la Universidad de Georgetown Medical Center y el Centro Nacional Médico para Niños en Washington, DC, entre enero de 2005 y enero de 2008. Las exposiciones ambientales se determinaron mediante un cuestionario y análisis de orina de metabolitos de plaguicidas utilizando cromatografía de gases de alta resolución y espectrometría de masas.	Plaguicidas organofosforados	Leucemia Linfoblástica Aguda (LLA)	Se encontró que el mayor número de madres de casos (33%) que los controles (14%) reportaron el uso de insecticidas en el hogar (P <0,02). Otras exposiciones ambientales a sustancias tóxicas no se asociaron significativamente con el riesgo de LLA. Los niveles de pesticidas fueron mayores en los casos que en los controles (P <0,05). Hubo diferencias estadísticamente significativas entre los niños con LLA y controles para los metabolitos organofosforados diethylthiophosphate (P <0,03) y diethylthiophosphate (P <0,05). La asociación de todos los riesgos de exposición a pesticidas tiene méritos para más estudios que confirmen la asociación.	Soldin 2009

Tabla 3. Resumen de las principales investigaciones que asocian el uso de POFs en casos de EHI.

5. MARCO TEORICO

PLAGUICIDAS

“Definición de Plaguicida Químico de Uso Agrícola (PQUA)

Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfiere de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera. El término incluye a las sustancias o mezcla de sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de las cosechas para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte. Este término no incluye los agentes biológicos para el control de plagas (los agentes bioquímicos y los agentes microbianos). (Decisión 436 Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola)” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Cámara de la Industria para la Protección de Cultivos – ANDI, 2003)

“Dentro de la denominación plaga (peste correctamente es una infección grave y potencialmente mortal causada por el microorganismo *Yersinia pestis*) se incluyen insectos, hierbas, pájaros, mamíferos, peces y microbios que compiten con los humanos para conseguir alimento, destruyen las siembras y propagan enfermedades. Los plaguicidas no son necesariamente venenos, pero pueden ser tóxicos.

El término plaguicida está más ampliamente difundido que el nombre genérico exacto: biocida (literalmente: matador de la vida). El término plaguicida sugiere que las plagas pueden ser distinguidas de los organismos no nocivos, que los plaguicidas no lo matarán, y que las plagas son totalmente indeseables.

Durante los años 1940, la aplicación masiva de plaguicidas fue considerada, generalmente, como una revolución de la agricultura. Eran relativamente económicos y altamente efectivos. Su aplicación llegó a ser una práctica común como medida preventiva aun sin ningún ataque visible. Desde entonces, la experiencia ha demostrado que este método no sólo perjudica el medio ambiente, sino que a la larga es también ineficaz. Donde se han utilizado los plaguicidas de manera indiscriminada, las especies de las plagas se han vuelto resistentes y difíciles o imposibles de controlar. En algunos casos se ha creado resistencia en los vectores principales de las enfermedades (p.ej. los mosquitos de la malaria), o han surgido nuevas plagas agrícolas. Por ejemplo, todos los ácaros fueron fomentados por los plaguicidas, porque no abundaban antes de su empleo. En base a esta experiencia, los especialistas en la protección de cultivos han desarrollado un método más diversificado y duradero: el manejo integrado de plagas” (Documento de la Enciclopedia Virtual Wikipedia).

Tipos de plaguicidas

“Los plaguicidas se identifican a menudo según el tipo de plaga que controlan. Otra forma de pensar acerca de los plaguicidas es considerar aquellos que son químicos o derivados de una fuente común o método de producción. Otras categorías incluyen bioplaguicidas, antimicrobianos, y control de dispositivos de plagas.

Plaguicidas Químicos

Los plaguicidas carbamatos afectan el sistema nervioso interrumpiendo una enzima que regula la acetilcolina, un neurotransmisor. Los efectos suelen ser reversibles enzima. Hay varios subgrupos dentro de los carbamatos.

Los Insecticidas organoclorados fueron utilizados comúnmente en el pasado, pero muchos se han retirado del mercado debido a sus efectos en la salud, el medio ambiente y por su persistencia (por ejemplo, el DDT y el clordano).

Los plaguicidas piretroides fueron desarrollados como una versión sintética de la piretrina que es de origen natural, esta se encuentra en los crisantemos. Estos han sido modificados para aumentar su estabilidad en el medio ambiente. Algunos piretroides sintéticos son tóxicos para el sistema nervioso.

Los plaguicidas organofosforados (POFs). Estos plaguicidas afectan el sistema nervioso mediante la interrupción de la enzima que regula el neurotransmisor, la acetilcolina. La mayoría de los organofosforados son insecticidas. Estos se desarrollaron durante el siglo 19, pero sus efectos sobre los insectos, que son similares a sus efectos sobre los seres humanos, fueron descubiertos en 1932. Algunos son muy tóxicos (se utilizaron en la Segunda Guerra Mundial como agentes nerviosos). Sin embargo, generalmente no son persistentes en el ambiente. Así aparecieron en los 50's el paratión y el malatión, organofosforados que se consolidaron como insecticidas principalmente agrícolas y su uso se incrementó enormemente con la prohibición del uso de los organoclorados” (U.S. Environmental Protection Agency).

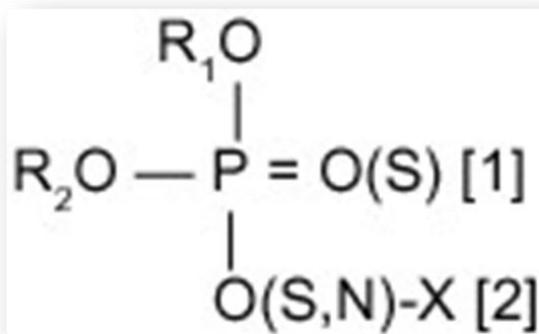


Imagen 2. Estructura química de los
POFs
18

Mecanismo:

Los organofosforados son sustancias orgánicas de síntesis, conformadas por un átomo de fósforo unido a 4 átomos de oxígeno o en algunas sustancias a 3 de oxígeno y uno de azufre. Una de las uniones fósforo-oxígeno es bastante débil y el fósforo liberado de este “grupo libre” se asocia a la acetilcolinesterasa. La acetilcolinesterasa se encarga de degradar la acetilcolina (ACh) del medio. Al no destruirse la ACh se produce una hiperactividad nerviosa que finaliza con la muerte del individuo. Sus características principales son su alta toxicidad, su baja estabilidad química y su nula acumulación en los tejidos, característica ésta que lo posiciona en ventaja con respecto a los organoclorados de baja degradabilidad y gran bioacumulación.

Metabolismo:

“El destino metabólico de los insecticidas organofosforados es básicamente igual en los insectos, animales y plantas. La captación por los animales y los insectos pueden ocurrir a través de la piel, sistema respiratorio, o en el tracto gastrointestinal. Mientras que la absorción del ingrediente activo a través de la piel de las formulaciones en polvo o granulados puede ser relativamente ineficiente, la presencia de agentes de dispersión acuosa o disolventes orgánicos en un concentrado de spray o formulación puede mejorar en gran medida la captación. Aunque la exposición real del sistema respiratorio no puede ser tan alta como la exposición de la piel en las personas sin protección, la eficiencia de la absorción puede ser alta. El metabolismo se produce principalmente por la oxidación, la hidrólisis por las esterasas, y una transferencia de porciones de la molécula glutatión. La oxidación de los insecticidas organofosforados puede causar productos más o menos tóxicos. En general, son fosforotioatos no directamente tóxicos, pero requieren metabolismo oxidativo a la próxima toxina. La mayoría de los mamíferos poseen enzimas hidrolíticas más eficientes que los insectos y, por tanto, suelen ser más eficientes en los procesos de descontaminación. Las aves generalmente tienen menor actividad de la esterasa que los mamíferos. El glutatión transferasa reacciona generando productos, que son, en la mayoría de los casos, de baja toxicidad” (International Programme on Chemical Safety, 1986).

“Generalmente, los mecanismos de biotransformación de los xenobióticos se dividen en dos grandes grupos, que actualmente reciben el nombre de fase I (primaria) y fase II (secundaria o metabolismo de conjugación). La fase uno comprende la formación de un metabolito libre por medio de transformaciones de tipo no sintético, que implican reacciones de oxidación, reducción o hidrólisis. La fase II implica transformaciones de tipo sintético con la formación de un producto a partir de la sustancia original, o uno de sus metabolitos, y un metabolismo endógeno. El caso más general es que la molécula original sufra una transformación de tipo I, según las disponibilidades enzimáticas de la especie y del individuo, y la molécula resultante, en general más hidrosoluble, sea conjugada con un componente endógeno, por el ejemplo, el glutatión, el ácido glucorónico o el ión sulfato. Esto presenta un problema adicional a la hora de determinar analíticamente los

xenobióticos que ingresan en el cuerpo humano, puesto que su forma química cambia respecto a la original.

El sistema básico de eliminación de las sustancia tóxicas (el propio contaminante o sus metabolitos) es la excreción urinaria. No obstante, esta vía no es la única, pues además hay que contar con la excreción biliar, por la que algunos metales como el plomo y compuestos orgánicos se eliminan parcialmente, y sobre todo la vía pulmonar, que es la más importante en la eliminación de aquellos gases que no se metabolizan y la de una fracción considerable de muchos compuestos volátiles, como los disolventes, que normalmente entran por esta misma vía” (Pitarch, 2001).

“Hay pocos datos que muestran que la incorporación de residuos en el ADN se produce sólo en pequeñas cantidades y no por contacto directo (alquilación), como podría asociarse a daños genéticos.” (International Programme on Chemical Safety, 1986).

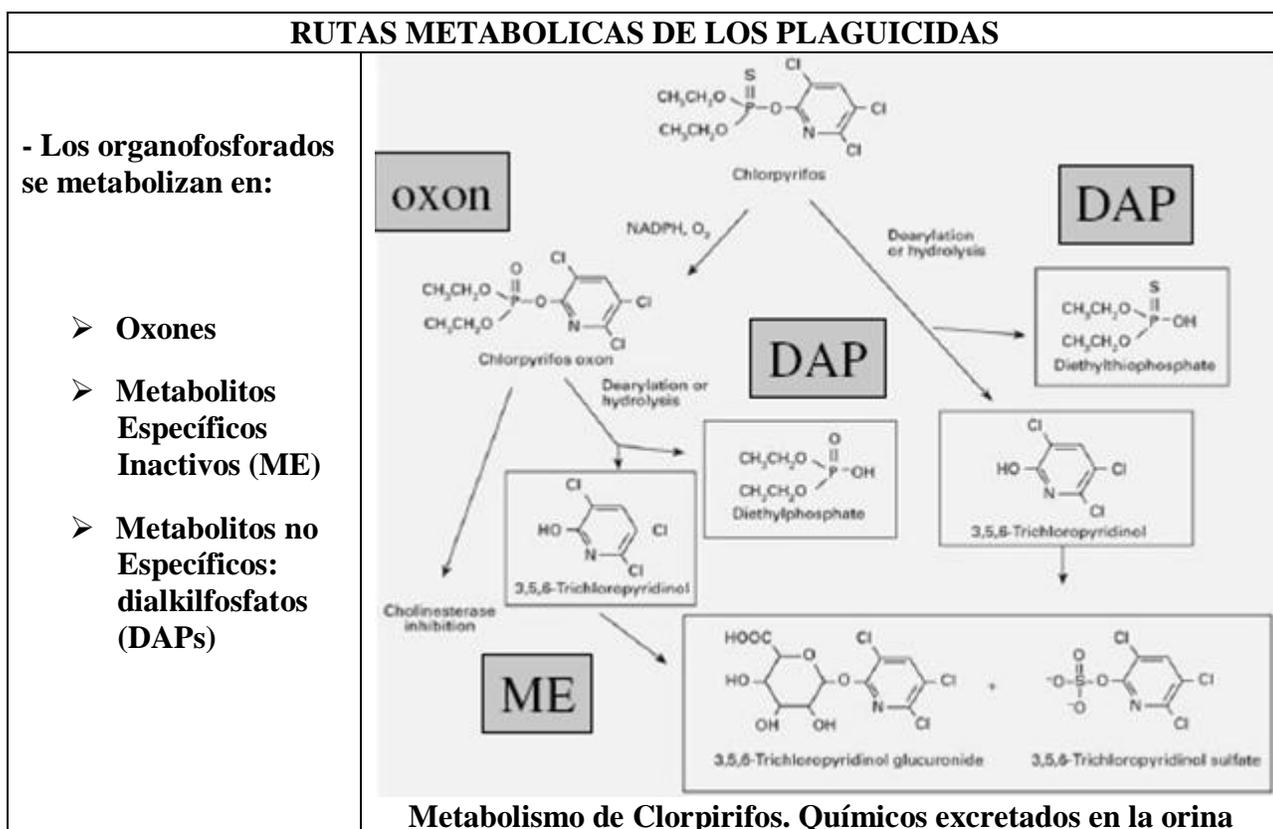


Imagen 3. Rutas metabólicas de los plaguicidas organofosforados en el hombre (Children's Health and the Environment, 2008).

ENFERMEDADES HEMATOLÓGICAS INFANTILES (E.H.I)

LEUCEMIA

“La palabra leucemia designa a un grupo de neoplasias, biológicamente heterogéneas, generadas por alteraciones de los circuitos genéticos que regulan la vida, crecimiento, diferenciación y muerte de las células progenitoras hematopoyéticas. El clon leucémico aumenta progresivamente en número y suprime el crecimiento de las células hematopoyéticas normales. Los términos leucemia aguda (LA) y crónica se referían originariamente a la duración de la supervivencia pero con la aparición de terapias efectivas han adquirido otro significado. Actualmente la LA implica la proliferación maligna de células inmaduras y la crónica de tipos celulares más diferenciados o maduros. La LA según la línea celular afectada se clasifica en linfoide o linfoblástica (LLA) y en mielóide o mieloblástica (LMA) con diferentes características analíticas (morfológicas, citoquímicas, inmunológicas y genéticas) y clínicoevolutivas. Estos caracteres permiten subdividir a estos dos grupos en diversas variedades con implicaciones pronósticas y terapéuticas.

La LA constituye la variedad de cáncer más frecuente en la infancia. Con una incidencia anual de 4.3 casos / 100.000 niños menores de 14 años comprende casi la tercera parte de todas las enfermedades malignas pediátricas. La mayoría (75-80%) corresponden a LLA y el resto a LMA pues las crónicas son muy raras (» 2%). La mayor incidencia ocurre entre los 2-5 años de edad con un pico máximo a los 4, principalmente por la influencia de la LLA. Respecto al sexo hay un ligero predominio de los varones, con relación 1.4 a 1, con dos excepciones notables: a) en LLA tipo T hay una frecuencia 4 veces mayor en varones, y b) la incidencia en el primer año de vida es mayor en mujeres (1.5 a 1).

Numerosos trabajos epidemiológicos han evidenciado diversos factores de riesgo asociados al desarrollo de estas neoplasias, que han permitido formular algunas hipótesis etiopatogénicas. Entre ellas tenemos factores genéticos, radiación ionizante, infecciones virales y productos químicos. Estos últimos son los que incluyen a los pesticidas” (Ferrís *et al.*, 1999).

ANEMIA APLÁSICA (Pancitopenia congénita, anemia aplásica asociada a malformaciones congénitas, variante de estren dameshek, pancitopenia de fanconi, panmielopatía de fanconi, anemia aplásica constitucional, anemia de fanconi, aplasia medular)

“La aplasia medular (AM) o anemia aplásica es un síndrome clínico caracterizado por pancitopenia y una medula ósea con marcada reducción de la celularidad, sin evidencias de infiltración tumoral, síndrome mielodisplástico (SMD) o incremento de reticulina. La anemia aplásica es una entidad específica que refleja una deficiencia primaria de células progenitoras hematopoyéticas (stem cells) que provocan una aplasia o hipoplasia de la médula ósea y pancitopenia. El término “fallo de la médula ósea o fallo medular” es un término más abarcador que describe la pancitopenia producida por una variedad de mecanismos como por ejemplo el reemplazo del tejido medular por infiltración tumoral o

por fibrosis, y los SMD en los cuales las células progenitoras hematopoyéticas son malignas y están presentes o incrementadas en número, pero no maduran.

El término de “anemia aplástica” se utiliza desde hace más de 90 años y muchos consideran que es inadecuado debido a que el cuadro se define por pancitopenia y no por anemia solamente. Además, la anemia tiene menos repercusión en la morbi/mortalidad que la neutropenia o trombopenia, que también están presentes. Al momento del diagnóstico de la AM debe buscarse una posible causa subyacente, al igual que evidencias de un clon de hemoglobinuria paroxística nocturna (HPN) acompañante o un clon citogenético anormal. La incidencia anual de la AM varía en las diferentes regiones geográficas. En EU y Europa es de aproximadamente 2-3 casos/millón de habitantes, pero es más frecuente en los países asiáticos. En Tailandia se reporta que es de 4/millón de habitantes en la capital y de 6/millón en áreas rurales; en Japón se señala una incidencia (basado en estudios retrospectivos) de 14/ millón de habitantes. Se considera que este incremento de la incidencia en países asiáticos se relaciona con factores medioambientales, tales como incremento de la exposición a tóxicos químicos, más que a factores genéticos debido a que esta incidencia no se observa entre las poblaciones asiáticas que viven en EU. No se conocen los datos exactos de incidencia anual en Suramérica y África, pero se considera que son similares a los países asiáticos.

La AM es una enfermedad del adulto joven, pero ha sido reportada en todas las edades y se considera como una enfermedad de incidencia trifásica. Hay un pequeño pico en la infancia (entre 2-5 años), que pudiera estar relacionado con la presencia de las causas hereditarias. Una gran incidencia se observa en individuos de 20-25 años de edad, y hay otro pico de incidencia en personas mayores de 55 - 60 años. Algunos señalan que esto último probablemente se relacione con la inclusión de casos de SMD diagnosticados como AM” (Carnot, 2008).

PURPURA TROMBOCITOPENICA IDIOPATICA

“La púrpura trombocitopénica es un trastorno autoinmune que se caracteriza por un bajo recuento de plaquetas y hemorragias mucocutáneas. Se estima que la incidencia es de 100 casos por cada 1 millón de personas por año, y aproximadamente la mitad de estos casos ocurren en niños. La Púrpura trombocitopénica es clasificada como primaria o secundaria a un trastorno subyacente, y como aguda (de seis meses o menos de duración) o crónica. La púrpura trombocitopénica en adultos es diferente a la de niños.

Los niños afectados son jóvenes (edad pico, de aproximadamente cinco años) y previamente sanos, y típicamente se presentan con la aparición repentina de petequias a pocos días o semanas después de una enfermedad infecciosa. Los niños y las niñas se ven igualmente afectados. En más del 70 por ciento de los niños, la enfermedad se resuelve dentro de seis meses, con independencia de recibir terapia. Por el contrario, la púrpura trombocitopénica inmunitaria en adultos es generalmente crónica, el inicio es a menudo insidioso, y aproximadamente el doble de mujeres que de hombres se ven afectados. Esta

revisión se centra en el diagnóstico y tratamiento de la púrpura trombocitopénica inmune primaria” (Douglas *et al.*, 2002).

TECNICAS DE LABORATORIO

EXTRACCIÓN EN FASE SOLIDA (SPE)

“Extracción en fase sólida (SPE) es un proceso de separación de los compuestos que se disuelven o se suspenden en una mezcla líquida y se separan de otros compuestos en la mezcla de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas. Los laboratorios analíticos usan la extracción en fase sólida para concentrar y purificar las muestras para su análisis. Extracción en fase sólida puede utilizarse para aislar los analitos de interés de una amplia variedad de matrices, incluyendo la orina, sangre, agua, bebidas, suelo y tejidos animales.

SPE utiliza la afinidad de los solutos disueltos o suspendidos en un líquido (conocido como fase móvil) de un sólido a través del cual la muestra se pasa (conocida como la fase estacionaria) para separar una mezcla en los componentes deseados y no deseados. El resultado es que el deseado de analitos de interés o no deseado ya sea impurezas en la muestra son retenidas en la fase estacionaria. La parte que pasa por la fase estacionaria se recoge o se descarta, dependiendo de si contiene los analitos deseados o no deseados (impurezas). Si la parte retenida de la fase estacionaria incluye los analitos deseados, entonces se puede quitar de la fase estacionaria para la recolección en un paso adicional, en el que la fase estacionaria se enjuaga con un eluyente adecuado.

La fase estacionaria se presenta en forma de una jeringa en forma de cartucho de envasado, una placa de 96 orificios o un disco plano de 47 a - 90-mm, cada uno de los cuales se pueden montar en su tipo específico colector. El colector permite que un número igual de muestras pasen a través del simultáneamente y por lo tanto sean procesadas por igual. Un típico colector de cartuchos SPE tiene capacidad para 24 cartuchos, mientras que un disco típico colector SPE tiene capacidad para 6 discos. La mayoría de las variedades de SPE están equipados con un puerto de vacío para el proceso de extracción que arrastra el líquido a través de la fase estacionaria. Los analitos se recogen en tubos de ensayo en el interior o debajo el colector después de su paso por la fase estacionaria.

Los cartuchos de extracción en fase sólida y los discos están disponibles en una variedad de fases estacionarias, cada una de las cuales puede separar los analitos de acuerdo a las propiedades químicas diferentes. La mayoría de fases estacionarias se basan en la sílice que se ha unido a un grupo funcional específico. Algunos de estos grupos funcionales incluyen las cadenas de hidrocarburos de longitud variable (para fase inversa SPE), amonio cuaternario o grupos amino (por intercambio de aniones), y ácido sulfónico o grupos carboxilo (por intercambio de cationes)” (Documento de la Enciclopedia Virtual Wikipedia).

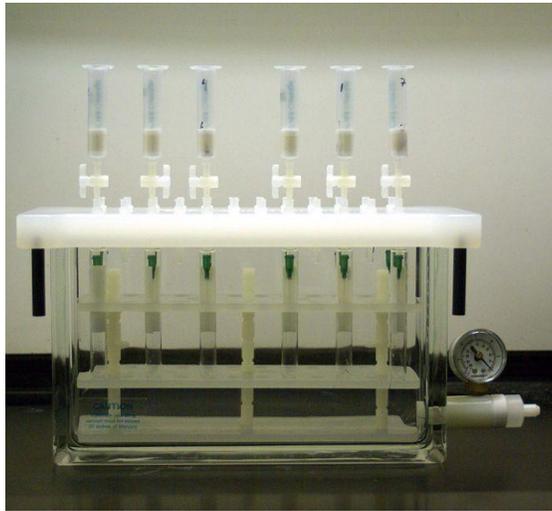


Foto 2 a. Colector típico para la extracción en fase sólida. Los cartuchos de goteo en la cámara de abajo, donde los tubos recogen efluente. Un puerto de vacío con un manómetro se utiliza para controlar el vacío aplicado a la cámara.



b. Una selección de cartuchos de extracción en fase sólida, disponible en muchos tamaños, formas y tipos de fase estacionaria

ETAPAS DE LA EXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA

1. Activación. El primer paso es la activación en la que se utiliza un solvente orgánico para "humidificar" la fase.
2. Acondicionamiento. La fase estacionaria SPE se acondiciona con el mismo solvente de la matriz, por ejemplo, con matrices acuosas el solvente es agua. El acondicionamiento permite "alinearse" la fase estacionaria lejos de la superficie de la sílice, permitiendo la interacción entre el analito y la fase estacionaria. Cualquier solvente orgánico residual se elimina en esta etapa, asegurando que los componentes de interés sean retenidos en la parte superior de la columna.
3. Retención. Las interacciones entre las moléculas de la muestra y la fase estacionaria controlan la retención en el adsorbente de SPE. Para maximizar las interacciones la muestra (analitos + matriz) deben cargarse en el adsorbente de SPE a aproximadamente 3 ml/min. Este caudal puede controlarse mediante una válvula en la estación de vacío. Los componentes de interés han de retenerse en el adsorbente de SPE mientras que la matriz y los contaminantes deben eluirse y descartarse. Durante las etapas 1-3 el adsorbente SPE ha de mantenerse húmedo siempre, puesto que el secado del mismo puede acarrear una pérdida de muestra.
4. Eliminar interferencias. Usando un solvente o una serie de solventes de fuerza creciente los contaminantes pueden eliminarse del adsorbente de SPE hasta que solo los analitos de interés queden atrapados. Por ejemplo, al retener compuestos hidrofóbicos en C18 la contaminación puede eliminarse con un lavado de agua: metanol 50:50 puesto que los compuestos de interés no se eluyen del adsorbente de SPE hasta que no se use un mayor

porcentaje de solvente orgánico. Con un lavado adecuado las impurezas se eliminan con un adecuado eluyente de lavado. El adsorbente de SPE se deja secar generalmente con nitrógeno. El secado es esencial si el eluyente de lavado no es miscible con el solvente de elución final.

5. Elución. La elución de los analitos se efectúa mediante un eluyente adecuado y a un caudal de 1 ml/min. El adsorbente de SPE y las interacciones analito-adsorbente determinan el eluyente final de elución.

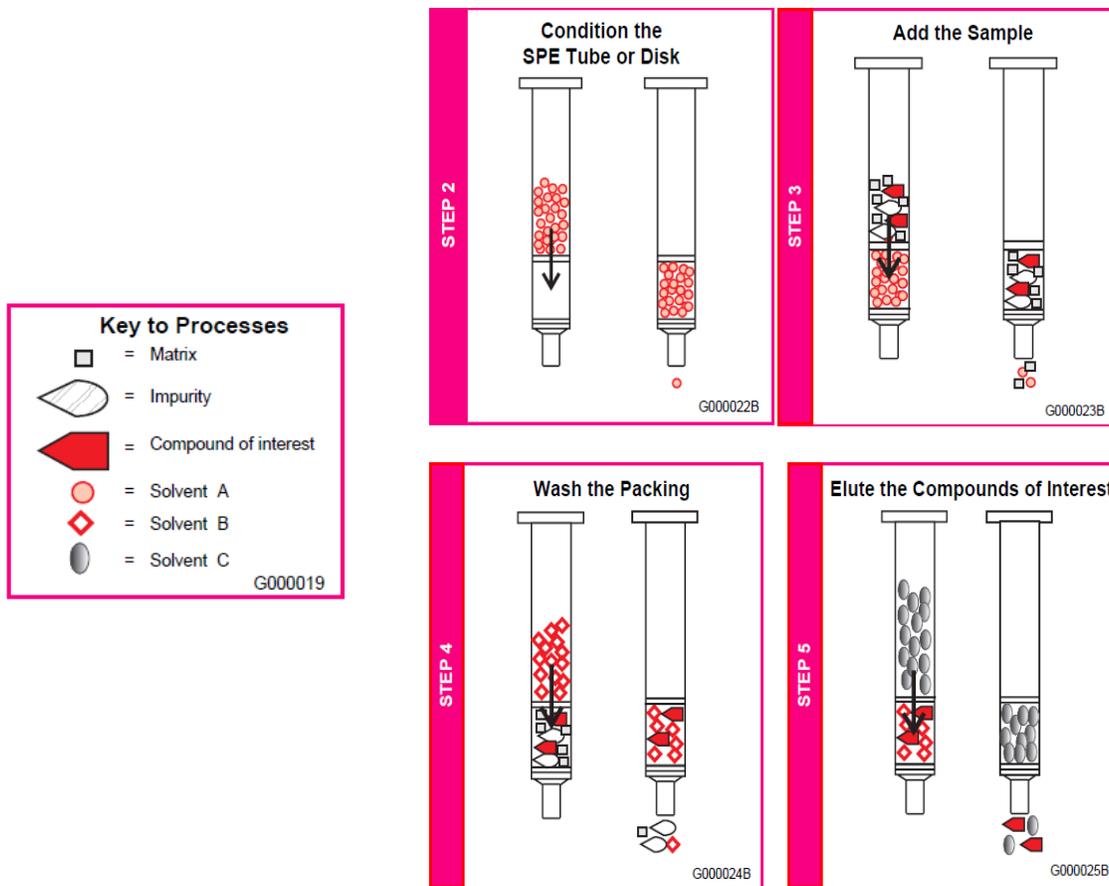


Imagen 4. Etapas de Extracción en Fase Sólida

EXTRACCION LIQUIDO – LIQUIDO (LLE) EXTRACCION CON DISOLVENTES ORGANICOS

La extracción líquido-líquido, también conocida extracción de disolvente, es un proceso químico empleado para separar una mezcla utilizando la diferencia de solubilidad de sus componentes entre dos líquidos inmiscibles. Ej: agua-cloroformo, éter-agua.

El proceso de lixiviación líquido-líquido separa dos sustancias miscibilidad o polares (yodo+agua) entre sí por medio de una tercera sustancia (tetra cloruro de carbono) que sea inmiscible con la sustancia a extraer (yodo) pero no sea miscible con la sustancia de separación (agua).

Este proceso también se le conoce como extracción líquida o extracción con disolvente; sin embargo, este último término puede prestarse a confusión, porque también se aplica a la lixiviación de una sustancia soluble contenida en un sólido.

La transferencia del componente disuelto (soluto) se puede mejorar por la adición de agentes saladores a la mezcla de alimentación o la adición de agentes "formadores de complejos" al disolvente de extracción. En algunos casos se puede utilizar una reacción química para mejorar la transferencia como por ejemplo, el empleo de una solución cáustica acuosa (como una solución de hidróxido de sodio), para extraer fenoles de una corriente de hidrocarburos. Un concepto más complicado de la extracción líquido-líquido se utiliza en un proceso para separar completamente dos solutos. Un disolvente primario de extracción se utiliza para extraer uno de los solutos presentes en una mezcla (en forma similar al agotamiento en destilación) y un disolvente lavador se utiliza para depurar el extracto libre del segundo soluto (semejante a la rectificación en destilación).

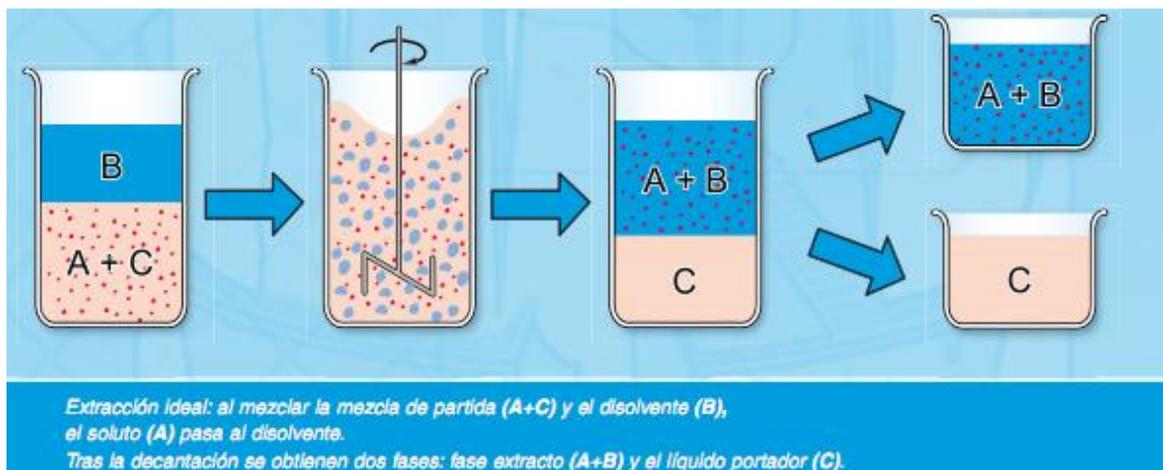


Imagen 5. Etapas de la Extracción Líquido – Líquido

CROMATOGRAFIA DE GASES

“La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, cuyo objetivo es aislar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes.

La cromatografía de gases es una técnica cromatográfica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interacciona con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Existen dos tipos de cromatografía de gases (GC): la cromatografía gas-sólido (GSC) y la cromatografía gas-líquido (GLC), siendo esta última la que se utiliza más ampliamente, y que se puede llamar simplemente cromatografía de gases (GC). En la GSC la fase estacionaria es sólida y la retención de los analitos en ella se produce mediante el proceso de adsorción. Precisamente este proceso de adsorción, que no es lineal, es el que ha provocado que este tipo de cromatografía tenga aplicación limitada, ya que la retención del analito sobre la superficie es semipermanente y se obtienen picos de elución con colas. Su única aplicación es la separación de especies gaseosas de bajo peso molecular. La GLC utiliza como fase estacionaria moléculas de líquido inmovilizadas sobre la superficie de un sólido inerte.

La GC se lleva a cabo en un cromatógrafo de gases. Éste consta de diversos componentes como el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector

Para el análisis de pesticidas se utiliza el *detector fotométrico de llama* (PFD), empleado en compuestos como pesticidas e hidrocarburos que contengan fósforo o azufre. En este detector se hace pasar el gas eluido por una llama hidrógeno/oxígeno donde parte del fósforo se convierte en una especie HPO, la cual emite a $\lambda = 510$ y 526 nm, y simultáneamente el azufre se convierte en S₂, con emisión a $\lambda = 394$ nm.

En cuanto a la fase estacionaria para el análisis de pesticidas se utiliza la de Poli(fenilmetil)siloxano (50% fenilo)” (Documento de la Enciclopedia Virtual Wikipedia).

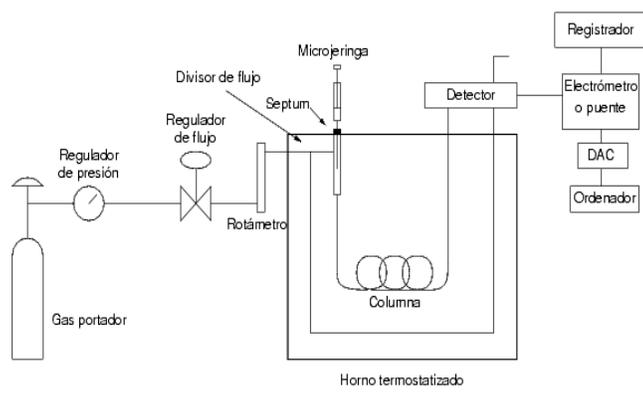


Imagen 6. Diagrama de un cromatógrafo de gases



Foto 3. Un equipo de cromatografía gaseosa

6. METODOLOGIA

TRABAJO DE CAMPO

La investigación a desarrollar incluye aspectos ambientales y de salud, por lo que el campo de estudio hace parte de la epidemiología ambiental.

Los estudios epidemiológicos se aplican de diferentes maneras, es decir existen varios tipos, por ello y dadas las características de este proyecto el enfoque a considerar sería netamente el descriptivo (Fernández, 1995; Kleinbaum, 1982).

Los estudios descriptivos, permiten identificar características específicas de una enfermedad, comparando a una persona con la enfermedad con otras que también lo están (serie de casos), para identificar patrones comunes (Ej: Tipo de leucemia y residuos de plaguicidas en sangre u orina). Lo anterior sería el primer paso en la investigación de los determinantes de la enfermedad y de la identificación de los factores de riesgo (Ej: Plaguicidas en el ambiente). Por lo anterior se pretende aplicar un estudio epidemiológico descriptivo con un diseño retrospectivo (causa < efecto), enfocado en el aspecto ecológico para tomar datos agregados de toda la población afectada por los casos de enfermedades hematológicas relacionándolos con la exposición determinada a plaguicidas.

Los procedimientos básicos a seguir para la realización del proyecto están basados en:

- Ubicación de las zonas afectadas
- Identificación de los cultivos tradicionales de la zona
- Vincularse con la comunidad e identificar a las familias de los niños que presentan leucemia o enfermedades similares.
- Solicitar información en los hospitales locales para identificar a pacientes afectados con leucemia en el Valle de Sibundoy.
- Diseñar un formato de encuesta y aplicarlo a las familias involucradas para identificar todas las variables que podrían relacionarse con la enfermedad en cuestión, además de identificar los plaguicidas más utilizados en el cultivo de frijol en la actualidad.
- Elaborar un Formato de Consentimiento Informado para obtener la aprobación del Comité de Ética para la Investigación Científica VRI, en el uso de la información y toma de muestras biológicas (orina) de las personas que harán parte de éste estudio.
- Tomar muestras ambientales y biológicas de los terrenos aledaños a las viviendas de familias clave, en los cuales se presente el proceso de fumigación con plaguicidas.
- Como el trabajo antes mencionado está asociado a la guía de PML y al proyecto de Aplicación de Técnicas para la Disminución del Uso de Agroquímicos en el Cultivo de Frijol, se pretende evaluar la presencia de plaguicidas en 5 lotes seleccionados en los que se implementan algunos métodos de agricultura orgánica, esto con el fin de hacer un paralelo

con la agricultura tradicional para luego demostrar su efectividad a la hora de evitar el uso de agroquímicos como los plaguicidas.

- Realización de las pruebas de laboratorio pertinentes y su análisis mediante pruebas estadísticas.

<u>POBLACION ENCUESTADA</u>	<u>POBLACION MUESTREADA</u>
<p style="text-align: center;">IDENTIFICACION DE E.H.I MODO DE VIDA EXPOSICION A POFs</p>	<p style="text-align: center;">DETECCION DE POFs AGUA FRIJOL ORINA EXPOSICION A POFs</p>

Tabla 4. Resumen de la correlación de los diferentes datos a analizar.

TRABAJO DE LABORATORIO: ANALISIS DE MUESTRAS AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS

Como es bien conocido, un procedimiento global para la determinación de plaguicidas en muestras biológicas (Frijol y Orina) y ambientales (Agua de llave y cruda) incluye las siguientes etapas:

1. “Toma de muestras, almacenamiento y conservación
2. Separación y concentración (extracción)
3. Eliminación de interferencias (purificación)
4. Determinación analítica mediante técnicas cromatográficas”. (Pitarch, 2001)

De las cuales cada matriz (Agua, frijol y orina) contiene su propio procedimiento que se describe de la siguiente manera:

A. AGUA

Extracción líquido-líquido (LLE) con Hexano: Acetona (8:2)

El siguiente protocolo se desarrolló en base a los siguientes documentos (APHA – AWWA – WPCF, 1989; EPA Method 8141A; EPA Method 614; Vidal *et al.*, 2004)

I. TOMA DE MUESTRAS

Toma de muestras de agua (1L) en botellas de ambar con tapa de rosca y recubrimiento de aluminio en la boca. El muestreo se realizara en el acueducto del cabildo (1 muestra) y en 5

casas ubicadas en la vereda Leandro Agreda. Las muestras se deben almacenar en hielera de icopor y luego en nevera.

II. EXTRACCION

1. Filtrar a presión 500 ml de la muestra y luego tomar 100 ml para pasarlos por un embudo de separación al que posteriormente se le adicionara 10 ml de hexano/acetona 8:2, por último agitar la muestra durante 3 minutos hasta formar dos fases.
2. Vaciar los 100 ml de muestra del embudo (fase de abajo) en un erlenmeyer, dejando los 10 ml del solvente para ser transferidos a un frasco. El procedimiento anterior se repite dos veces para combinar las fases de arriba (solvente) en el frasco. Nota: Si es necesario, se adiciona sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) a las muestras con el fin de retirar el agua presente.

III. PURIFICACION

3. Concentración de las muestras (30 ml) en rotavapor hasta el volumen de 1 ml, para luego ser adicionados a unos viales para cromatografía.

IV. CROMATOGRAFIA

4. Las muestras se diluyeron en 1 mL de hexano/acetona 8:2 y se inyectaron en el cromatógrafo de gases.

B. FRIJOL

Extracción SPE cartuchos C18. Elución con Acetonitrilo Grado HPLC

El siguiente protocolo se desarrolló en base a los siguientes documentos (Bouchtane B. *et al.*, 2006; Juan A. *et al.*, 2003; Pierre y Betancourt, 2007, Coscolla *et al.*, 1988).

I. TOMA DE MUESTRAS

Recolección de muestras de frijol (tradicional y orgánico) (1 lb – 500 g) en forma aleatoria en los lotes seleccionados. Se almacenó el frijol en bolsas ziploc con cierre hermético en una nevera de icopor, para luego ubicarlas en nevera.

II. EXTRACCION

1. Retirar las semillas de frijol de las vainas para triturarlas en una licuadora industrial de metal y posteriormente en un molino eléctrico con el objetivo de dejarlas lo más finas posibles.

2. Tamizar las muestras y luego pesar 10 g de cada una; esta cantidad se la adiciona a un tubo de polipropileno para centrifugado.
3. Adicionar 25 ml de hexano/acetona (8:2) a cada muestra para luego mezclarlas en un vortex durante 1 minuto.
4. Colocar los tubos para centrifuga en un beaker, adicionar agua en este, y luego ubicarlo en un sonicador (ultrasonido) durante 15 minutos.
5. Centrifugar las muestras durante 5 minutos a 3000 rpm.
6. Retirar el supernadante y adicionarlo a un erlenmeyer. Al precipitado que quedo en el tubo de polipropileno, se le repiten dos veces los pasos 4, 5 y 6 con 20 ml de hexano/acetona 8:2. Luego de este procedimiento se combinaron los supernadantes de cada muestra en un erlenmeyer.
7. Filtrar las muestras y adicionarlas en frascos pequeños de ambar. Luego concentrar en rotavapor la cantidad total de cada muestra (aproximadamente 50 ml) hasta 1 ml para adicionarlos a un vial con 5 ml de acetonitrilo.
8. Mezclar el contenido de las muestras en un vortex durante 1 minuto, luego centrifugar las muestras a 3000 rpm. Retirar el supernadante y dejar el extracto de acetonitrilo.

III. PURIFICACION

9. Preparar el montaje para la Extracción en Fase Solida (SPE). Acondicionar Los cartuchos C18 con 6 ml de metanol (MeOH), 6 ml de agua y 6 ml ACN (acetonitrilo) grado HPLC. Por último se adicionan los 5 ml de cada muestra y 3 ml de ACN nuevamente.
10. Evaporar a sequedad en baño maría (temperaturas entre 45 °C y 60 °C) el extracto de acetonitrilo obtenido en el punto anterior.

IV. CROMATOGRAFIA

11. Como paso final diluir las muestras en 1 ml de hexano/acetona 8:2 para luego inyectarlas en el cromatógrafo de gases.

C. ORINA

Extracción SPE cartuchos C18. Elución con MTBE Grado HPLC

El siguiente grafico resume el protocolo a seguir para la determinación de POFs en muestras de orina. Nota: Los cartuchos utilizados son C18.

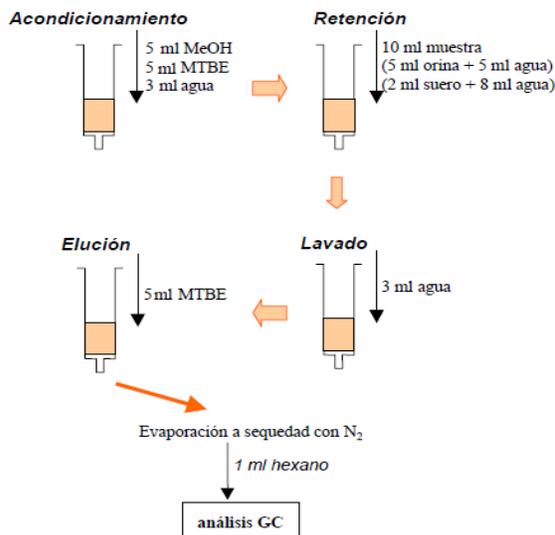


Imagen 7. Esquema del procedimiento SPE desarrollado para la determinación de plaguicidas en fluidos biológicos (Pitarch, 2001).

CONDICIONES DEL CROMATOGRAFO PARA EL ANALISIS DE POFs

Equipo: Cromatógrafo de Gases SHIMADZU GC-17 A. Detector FID.

Columna: Columna Capilar DB-5MS (J&W Agilent Scientific. 30m x 0,25mm ID 0,25µm)

Detector: Detector FID **Temperatura:** 300°C. Inyección a 250°C modo Splitless.

Programación de Temperatura: 100°C (1min) hasta 300°C (5min) 10°C/min

El análisis de las muestras se realizó por comparación de los tiempos de retención de un estándar de Pesticidas Organofosforados (Restek-Bellefonte. USA) de alta pureza analizados a las mismas condiciones. Se cuantificaron los Pesticidas Organofosforados encontrados en las muestras mediante estándar externo (Curva de calibración).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Todas las catorce familias encuestadas durante el 2009 y 2010 afirman haber estado expuestas de manera constante al uso intensivo de plaguicidas en cultivos de frijol en el Valle de Sibundoy. Dado que todas las familias de la investigación ya no están dedicadas a la agricultura, y no es posible entonces tomar las muestras requeridas para el estudio, se pretende identificar sitios y personas adecuadas para realizar dicho trabajo, siempre y cuando vivan en la zona de estudio o en sitios aledaños.

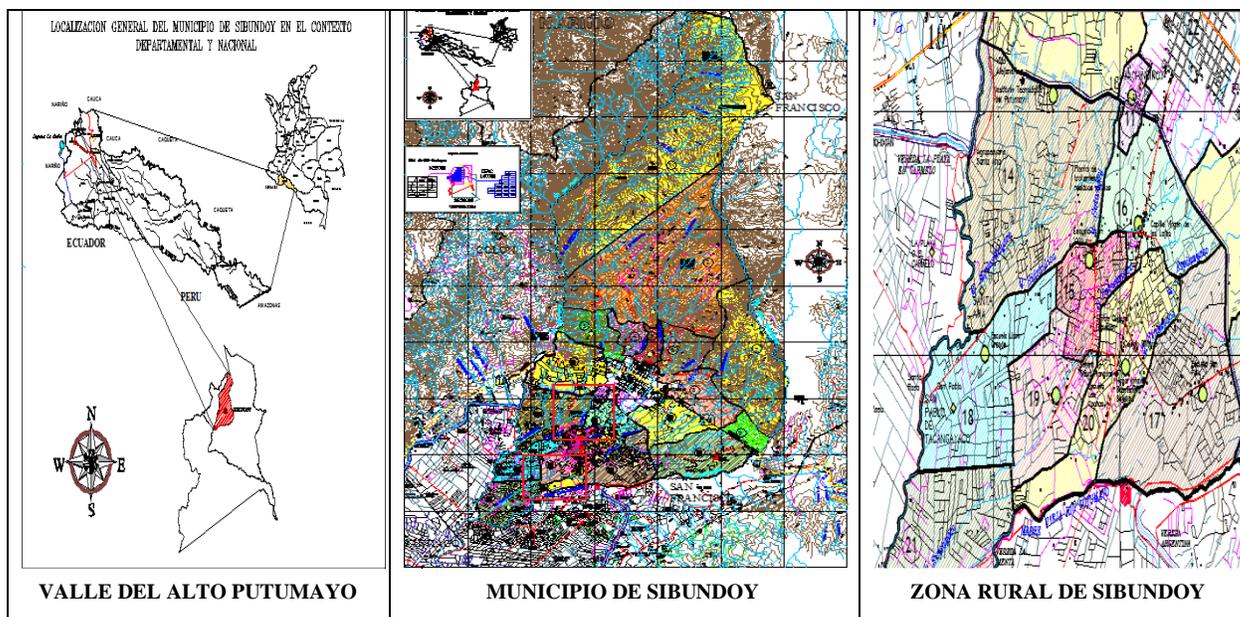


Imagen 8. Ubicación de las principales zonas para el cultivo de frijol en el Valle del Alto Putumayo.

Los muestreos de agua y frijol se harán al finalizar el ciclo de esta semilla, es decir durante la época de cosecha, para lo cual ya se habrá suspendido la adición de plaguicidas; el muestreo de orina de los fumigadores se efectuara a mitad del periodo del próximo cultivo de frijol, momento durante el cual se haya utilizado gran cantidad de plaguicidas.

De acuerdo a la anterior información el procedimiento para desarrollar el estudio se hará de la siguiente manera:

- Conocer fincas dedicadas al cultivo de frijol para realizar el respectivo muestreo.
- Definir algunas viviendas y ubicar el acueducto que les suministra el servicio de agua para tomar muestras de este líquido.
- Identificar a personas que sean fumigadoras activas de frijol y a una que sirva de control.

Para el análisis de los resultados obtenidos se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

1. Los datos se analizarán de acuerdo a las encuestas, tanto de las familias en las que se presentaron enfermedades hematológicas infantiles, como de aquellas dedicadas a la agricultura actualmente.
2. Los datos cualitativos y cuantitativos obtenidos se compararán con valores preestablecidos (U.S EPA, OMS, Codex Alimentarius, entre otros) en los que se defina claramente los niveles normales de cada variable analizada.
3. Dado que se identificarán exclusivamente los insecticidas organofosforados (ya que en proporción y teniendo en cuenta su grado de efectividad son los más usados), los resultados obtenidos se asociarán a la presencia de aquellos que en las encuestas se definieron como los más utilizados, los que tienen mayor grado de toxicidad (ver tabla 4), sean cancerígenos según la U.S EPA y la OMS, o sean reportados en la bibliografía como peligrosos. Según la anterior información se efectuará el análisis para detectar los siguientes principios activos:
 - Malatión (Monge, 2006; Administración nacional de medicamentos, 2008; RAPAM / CAATA)
 - Clorpirifos (U.S EPA; Administración nacional de medicamentos, 2008; Alianza por una Mejor Calidad de Vida/RAP-CHILE)
 - Metamidofos (Monge, 2006; Observatorio latinoamericano de conflictos ambientales)
 - Paratión y Metil – Paratión (Observatorio latinoamericano de conflictos ambientales; Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM)
 - Dimetoato (RAPAM / CAATA; Alianza por una Mejor Calidad de Vida/RAP-CHILE)
4. Se hará una comparación de todas las variables medidas, correlacionándolas por medio de gráficas y tablas utilizando estadística descriptiva.

Clasificación Toxicológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los plaguicidas de uso agrícola								
Clasificación de la OMS según el peligro potencial	Información que debe figurar en la etiqueta				LD ₅₀ aguda (ratas) mg/kg de formulación			
	Denominación del peligro	Color de la Banda ¹	Símbolos de peligro	Símbolos y palabras de peligro	Oral		Cutánea	
					Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
Clase Ia Sumamente peligroso	Muy Tóxico	Rojo PMS 199 C			5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Clase Ib Muy peligroso	Tóxico	Rojo PMS 109 C			5 - 50	20 - 200	10 - 100	40 - 400
Clase II Moderadamente Peligroso	Nocivo	Amarillo PMS 109 C			50 - 500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
Clase III Poco Peligroso	Cuidado	Azul PMS 293 C			> 500	> 2000	> 1000	> 4000
Clase IV Productos que normalmente no ofrecen peligro		Verde PMS 347 C			> 2000	> 3000		

¹ PMS es un sistema para la tipificación de colores desarrollado y patentado por Pantone Inc. (Estados Unidos).

Tabla 5. Clasificación Toxicológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los plaguicidas de uso agrícola.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

I. INFORMACION OBTENIDA EN LAS ENCUESTAS

Las encuestas aplicadas brindaron muy buena información sobre las condiciones en las que viven las familias identificadas. En resumen todas se dedican a la agricultura o lo hicieron durante un tiempo prolongado, lo que demuestra que existe una exposición a plaguicidas. De acuerdo a lo anterior, se obtiene que los principales factores que determinaron el grado de contaminación de la población infantil afectada a POFs sean los siguientes:

- Tiempo estimado de trabajo en agricultura (10 – 15 años)
- Uso intensivo de Plaguicidas en especial organofosforados
- Viviendas cerca del sitio de cultivo
- Niños expuestos a plaguicidas durante y después del embarazo
- Padres y madres expuestos a plaguicidas
- No se manejan normas de bioseguridad
- Viviendas ubicadas en zonas identificadas como contaminadas por agroquímicos (CORPOAMAZONIA, 2007)
- No hay factores definidos que se asocien con E.H.I (Ej: Historia familiar, uso de fármacos u otros productos químicos)

De igual forma se identificaron los casos de Enfermedades Hematológicas Infantiles (EHI) (14), de los cuales la mayoría corresponde a Leucemia Linfoblástica Aguda (LLA), seguida por Anemia Aplásica (AA) y Purpura Trombocitopenica Idiopática (PTI). Esta información se sustenta claramente en la bibliografía (Jurewicz et al., 2006; Ferrís et al., 1999; Xiaomei Ma et al., 2002; Monge, 2006; Benito, 2002; Leiss y Savitz, 1995; Meinert et al., 2000; Callén, 2004; Benítez, 2002; Machín et al., 1999; Carnot, 2008), la LLA es la más común en estudios de causa < efecto del tipo analizado en este trabajo. Así mismo las edades y géneros registrados, que corresponden a niños todos menores a 15 años, en su mayoría hombres (Ver tabla 5, y figuras 1 y 2), se argumentan en los documentos citados. Además, al identificar AA y PTI se puede afirmar que estas, pueden ser indicio de un temprano desarrollo de LLA (Avalos, 2007; Moustacchi, 2002; Machín et al., 1999; Normas para los cuidados clínicos, 2003)

CORRELACION BIOLOGICO - AMBIENTAL DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS EN LAS ZONAS AGRICOLAS DEL VALLE DE SIBUNDOY (ALTO PUTUMAYO). RESULTADOS ENCUESTA (Noviembre 2009) Y REPORTE HOSPITALARIO (2000 - 2009)											
AÑO	NOMBRES	APELLIDOS	PROCEDENCIA	EDAD EN SU PRIMER DIAGNOSTICO (años)	SEXO	DIAGNOSTICO	REPORTE HOSPITAL (El ultimo reptado)	CONSULTA / HOSPITALIZACION	REPORTE ENCUESTA	HISTORIA CLINICA	ESTADO Vivo = V, Fallecio = F
2002 - (2009)	NASLY LORENA *	ERAZO JIMENEZ	SAN FRANCISCO	2 - (10)	F	C910 / C920	LEUCEMIA LINFOBLASTICA / MIELOIDE AGUDA	CONSULTA	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	NO	V (Recuperacion)
2003 .	FREDY ALEXANDER	AGREDA AGREDA	SIBUNDOY	3	M				PURPURA TROMBOCITOPENICA IDIOPATICA	SI	V (Recuperacion)
	JANETH ADELAIDA	CHINDOY MUTUMBAJOY	SIBUNDOY	8	F	D619	ANEMIA APLASTICA, SIN OTRA ESPECIFICACION	HOSPITALIZACION	—	NO	Fallecio 2006 según encuesta
2004 - (2006)	LERCY GERALDINE	OVIEDO LOPEZ	SIBUNDOY	5 - (7)	F	C910	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	CONSULTA	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	NO	Fallecio 2005 según encuesta
.(2007)	JEFERSON HERARDO**	AGREDA CHINDOY	SIBUNDOY	5 - (8)	M	C910 / D619	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA / ANEMIA APLASTICA, SIN OTRA ESPECIFICACION	HOSPITALIZACION	ANEMIA APLASICA TIPO ANEMIA FANCONI	SI	V
2005 - (2006)	NELSON FARID	CERON DELGADO	SAN FRANCISCO	2	M	C910	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	HOSPITALIZACION	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	NO	F
	JHOAN SEBASTIAN	CHINDOY MUTUMBAJOY	SIBUNDOY	6 - (7)	M	C910 / D619	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA / ANEMIA APLASTICA, SIN OTRA ESPECIFICACION	HOSPITALIZACION	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	NO	F
NO REPORTE	LEIDY MILENA	CHINDOY MUTUMBAJOY	SIBUNDOY	8	F				PURPURA TROMBOCITOPENICA ?	NO	F
2006.	GREISY BIVIANA	AGREDA YAIGUAJE	SIBUNDOY	1	F	C910	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	CONSULTA	HISTIOCITOSIS	NO	Vive según encuesta
2007 - (2008)	OSCAR ARLEY	JAMIOY SOLARTE	SIBUNDOY	13 - (14)	M	C910	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	HOSPITALIZACION	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	NO	Fallecio 2009 según encuesta
2008.	JESUS ANTONIO	AGUILLON JAJOY	SIBUNDOY	3 - (4)	M	C910	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	HOSPITALIZACION	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA	NO	F
	WILMAR***	JUJIBIOY MITICANOY	SIBUNDOY	3	M	D619	ANEMIA APLASTICA, SIN OTRA ESPECIFICACION	HOSPITALIZACION	APLASIA MEDULAR	NO	Fallecio 2009 según encuesta
2009.	LEIDY LUCIA	JUJIBIOY JAMIOY	SIBUNDOY	14	F	C910 / D619	LEUCEMIA LINFOBLASTICA AGUDA / ANEMIA APLASTICA, SIN OTRA ESPECIFICACION	CONSULTA	APLASIA MEDULAR ADQUIRIDA	NO	V
	KEVIN ADRIAN	JUJIBIOY MITICANOY	SIBUNDOY	3	M	D619	ANEMIA APLASTICA, SIN OTRA ESPECIFICACION	CONSULTA	APLASIA MEDULAR	NO	V

* Los padres afirman que la niña no estuvo expuesta continuamente a plaguicidas, esto solo sucedió una vez durante su niñez

** El reporte hospitalario del afectado es de Puerto Guzman

*** Su procedencia se encuentra identificada en Puerto Asis

Primos Los años entre parentesis () indican que el paciente estuvo monitoreada hasta ese año en el hospital.

Primos La edad entre parentesis () indica la edad en que fallecio o en la que se hizo el ultimo reporte

Los reportes hospitalarios no son muy claros ya que en algunos casos se muestran diferentes tipos de afeccion de una misma persona

Tabla 6. Resumen de los casos de EHI identificados en el Valle de Sibundoy por Reporte de Hospitales y Encuestas.

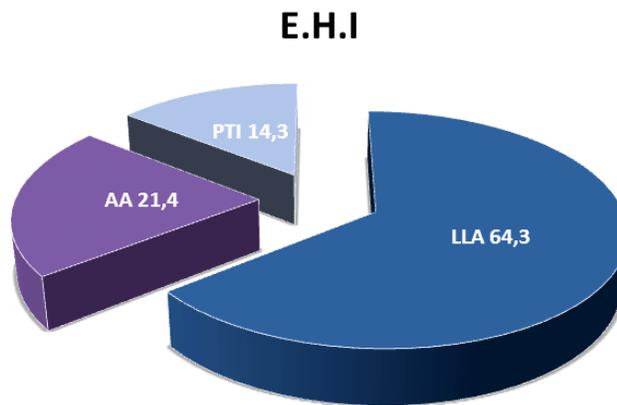


Figura 1. Porcentaje de E.H.I identificadas en las encuestas e informes estadísticos de los hospitales locales.

DISTRIBUCION POR EDAD Y GENERO DE LOS CASOS DE E.H.I

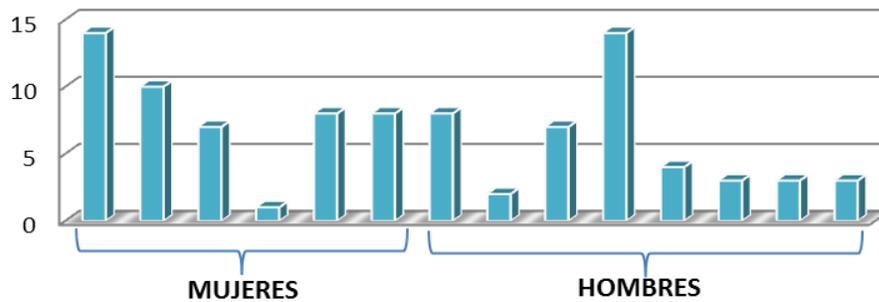


Figura 2. Edades y generos registrados en las E.H.I.

La anterior información establece que las familias identificadas dedicadas a la agricultura han estado, o inclusive continúan exponiéndose a POFs, lo cual permite hacer hincapié en que muchos de los niños reportados pueden haber adquirido las enfermedades establecidas gracias a la continua contaminación con estos productos químicos, en especial en las etapas más vulnerables para su desarrollo (Mongue, 2006; Daniels et al., 1997; Infante-Rivard and Scott Weichenthal, 2007; Rudant et al., 2007).

II. ANALISIS DE LABORATORIO

A. IDENTIFICACION (ANALISIS CUALITATIVO)

Tabla 7. POFs identificados en las muestras analizadas.

MUESTRA	CODIGO	NPI	PICO	TRM	TRE	PI (IA)	AREA	
A G U A	6AP	30	14	11.216	11.274	Ethoprophos	1123	
			16	12.658	12.624	Dimetoato	2128	
			18	14.632	14.607	Fenclorphos	2126	
			19	15.041	15.032	Malation	3107	
			22	17.224	17.216	Prothiophos	3814	
			22	17.224	17.224	Tokution	3814	
	5AP	18	7	10.916	10.916	Ometoato	1616	
	4AP	72	20	11.233	11.274	Ethoprophos	10221	
			20	11.233	11.133	Metil Demeton	10221	
			25	12.683	12.624	Dimetoato	8826	
			27	13.282	13.391	Disolfoton	36731	
			31	14.316	14.391	Metil Tolclofos	5723	
			32	14.491	14.449	Metil Parathion	3981	
			33	14.666	14.779	Metil Pirimifos	10937	
			33	14.666	14.607	Fenclorphos	10937	
			34	15.174	15.224	Chlorpyrifos	32855	
			39	16.632	16.694	Metidation	18519	
			41	17.257	17.224	Tokution	26642	
			41	17.257	17.216	Prothiophos	26642	
			51	20.382	20.282	Metil Azinphos	84331	
			53	20.874	20.882	Guthion	38419	
			54	21.224	21.294	Pyrazophos	46869	
	3AP	40	8	14.341	14.391	Metil tolclofos	1225	
			8	14.341	14.449	Metil Parathion	1225	
			27	21.315	21.294	Pyrazophos	26559	
	2AP	45	8	12.541	12.624	Dimetoato	2233	
			11	14.349	14.391	Metil Tolclofos	2219	
			11	14.349	14.449	Metil Parathion	2219	
	1AC	39	8	11.099	11.133	Metil Demeton	1379	
			10	12.541	12.624	Dimetoato	1964	
			12	14.349	14.391	Metil Tolclofos	1614	
			12	14.349	14.449	Metil Parathion	1614	
			13	15.032	15.032	Malation	1892	
	F R I J O L	O5	5	3	14.374	14.774	Metil Parathion	929
		O4	7	4	14.391			961
		O3	5	4	14.399			972
		O2	7	3	14.399			1009
		O1	11	7	14.366			1533
		O1	11	8	14.874	14.774	Metil Pirimifos	1316
T5		6	4	14.374	14.774	Metil Parathion	917	
T4		6	4	14.349			1568	
T3		6	5	14.449			1154	
T2		9	6	14.366			1268	
T1	7	4	14.399	1270				
O R I N A	H1	4	1	10.691	10.666	Ometoato	1267	
			2	15.007	15.032	Malation	22861	
			3	16.874	16.694	Metidation	17902	
			4	18.340	18.257	Etion	649	
	H2	1	1	10.641	10.666	Ometoato	48	
	H3	2	1	10.641	10.666	Ometoato	77	
			2	20.765	20.882	Guthion	84	
	H4	3	1	10.708	10.666	Ometoato	795	
			2	17.241	17.232	Tokution	125	
			3	20.774	20.882	Guthion	459	
	H5	2	1	10.641	10.666	Ometoato	103	
2			15.316	15.232	Chlorpyrifos	28		
J1	0	0	0	0		0		

NPI: Numero de Picos Integrados / TRM: Tiempo de Retencion de la Muestra / TRE: Tiempo de Retencion del Estandar
PI: Plaguicida Identificado / IA: Ingrediente Activo / Area %: Cantidad Relativa Normalizada Respecto a los Picos Integrados

* Los POFs en gris se encuentran reportados en las encuestas y por lo tanto son los de interés.

AGUA

Este tipo de muestra tiene mayor cantidad de analitos disueltos con respecto a las muestras de frijol y orina, se puede ver claramente que posee muchos de los POFs identificados en las encuestas y en los documentos que los reportan como cancerígenos o altamente peligrosos, entre ellos están Malatión (Monge, 2006; Administración nacional de medicamentos, 2008; RAPAM / CAATA), Clorpirifos (U.S EPA; Administración nacional de medicamentos, 2008; Alianza por una Mejor Calidad de Vida/RAP-CHILE), Metil – Paratión (Observatorio latinoamericano de conflictos ambientales; Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM) y el Dimetoato (RAPAM / CAATA; Alianza por una Mejor Calidad de Vida/RAP-CHILE).

Otras de las características que podemos destacar en este tipo de muestra son las siguientes:

- De entre las muestras procesadas, hay algunas en las cuales se detectó mayor presencia de POFs (4AP y 1AC) (Figura 6), a diferencia de una que mostro solo un compuesto según el estándar (5AP).

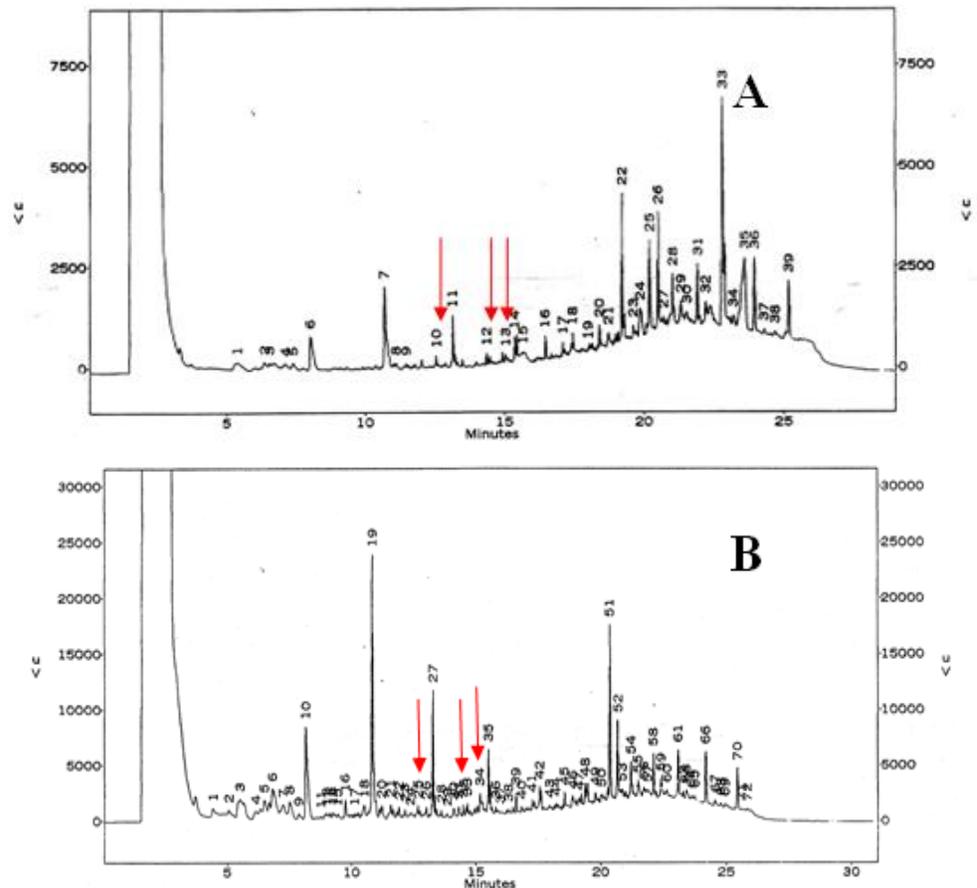


Figura 3. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes a una muestra de agua tomada de diferentes lugares. **(A)** Muestra colectada directamente del acueducto principal (1AC): (10) Dimetoato, (12) Metil Paration y (13) Malation; **(B)** muestra tomada de una casa ubicada en el area de muestreo (4AP): (25) Dimetoato, (32) Metil Paration y (34) Clorpirifos.

- De entre los POFs de interés según lo planteado en el proyecto se detectó en 4 de las 6 muestras el compuesto Metil Paration (Paration) (1AC, 2AP, 3AP y 4AP) y el Dimetoato (Agrixon) (6AP, 4AP, 2AP Y 1AC); en 2 muestras el Malation (6AP y 1AC) y en una de ellas (4AP) se detectó Chlorpyrifos (Lorsband).
- Tanto en la muestra de agua cruda (1AC) como en las muestras “potabilizadas” (AP) se detectó el Metil Paration, el Dimetoato y el Malation, además, observamos que Chlorpyrifos se identificó en una muestra de agua tratada (4AP).
- Existe menor cantidad de POFs de interés (11), con respecto a los no reportados en las encuestas (22).

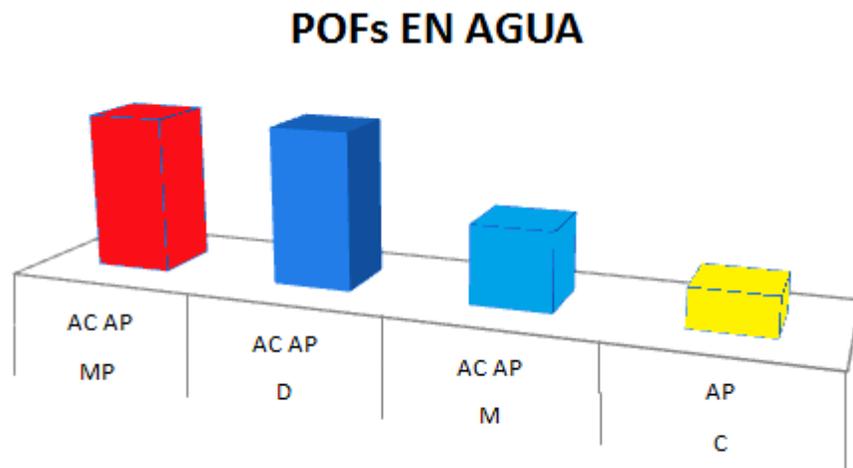


Figura 4. Proporción de POFs encontrados en agua. MP: Metil Paration, D: Dimetoato, M: Malation y C: Clorpirifos. AC: Agua Cruda y AP: Agua Potable. Los colores corresponden a el grado de toxicidad según la OMS (Tabla 3).

FRIJOL

Las muestras de frijol tienen una mínima cantidad de analitos presentes con respecto a las muestras de agua, el principal POF identificado es el Metil Paration (Paration) (Figura 7), el cual está presente tanto en las muestras de frijol orgánico (O) como en las muestras de frijol tradicional (T). Este compuesto químico es muy peligroso y es considerado como un posible cancerígeno (Observatorio latinoamericano de conflictos ambientales; Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM).

Cabe señalar que en una de las muestras de frijol orgánico (O1), se detectó un compuesto adicional al Metil Paration, el Metil Pirimifos, el cual no está reportado en las encuestas.

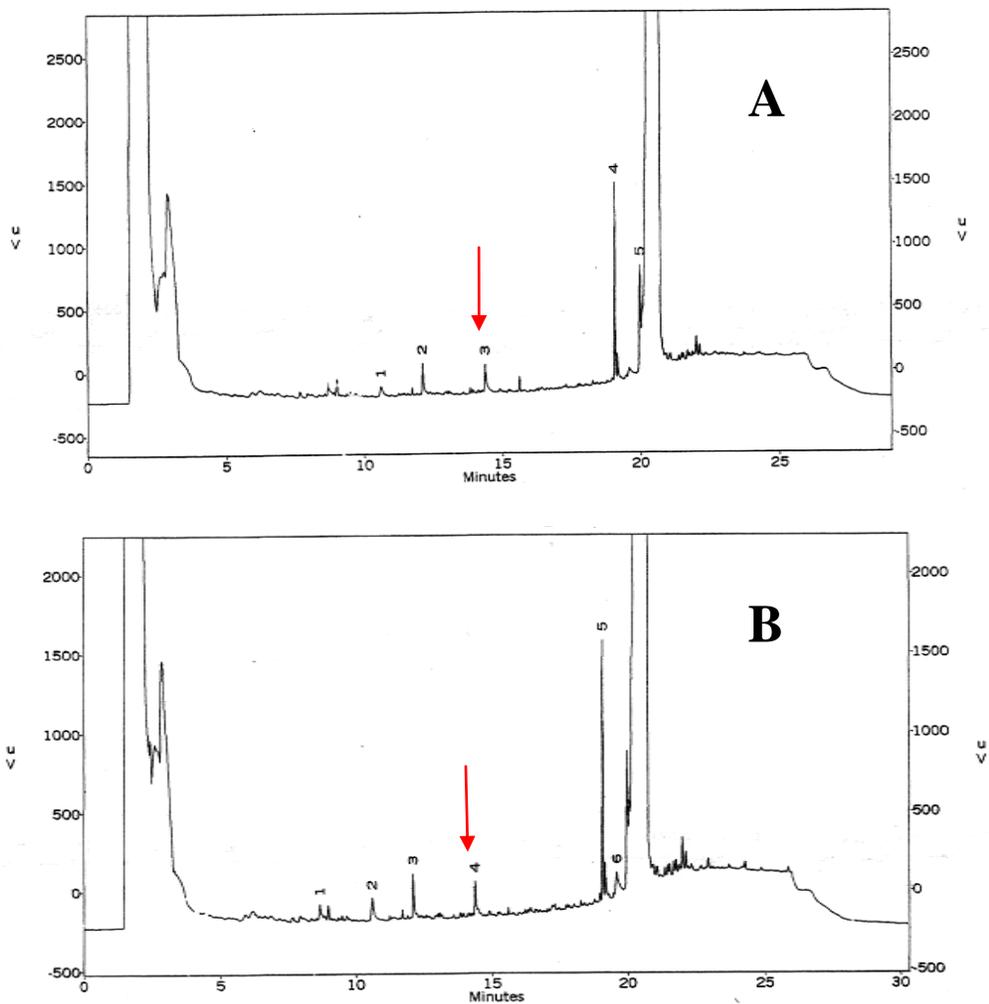


Figura 5. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes a una muestra de frijol colectada de fincas con diferentes métodos de cultivo. **(A)** Frijol Orgánico: (3) Metil Paration; **(B)** Frijol Tradicional: (4) Metil Paration.

ORINA

La mayoría de POFs encontrados no corresponden a los reportados en el trabajo, aun así, el Malatión y Clorpirifos fueron identificados en dos de las seis muestras analizadas (H1 y H5) (Figura 9). Al igual que algunos anteriores estos dos tipos de plaguicidas se identifican como peligrosos: Malatión (Monge, 2006; Administración nacional de medicamentos, 2008; RAPAM / CAATA) y Clorpirifos (U.S EPA; Administración nacional de medicamentos, 2008; Alianza por una Mejor Calidad de Vida/RAP-CHILE).

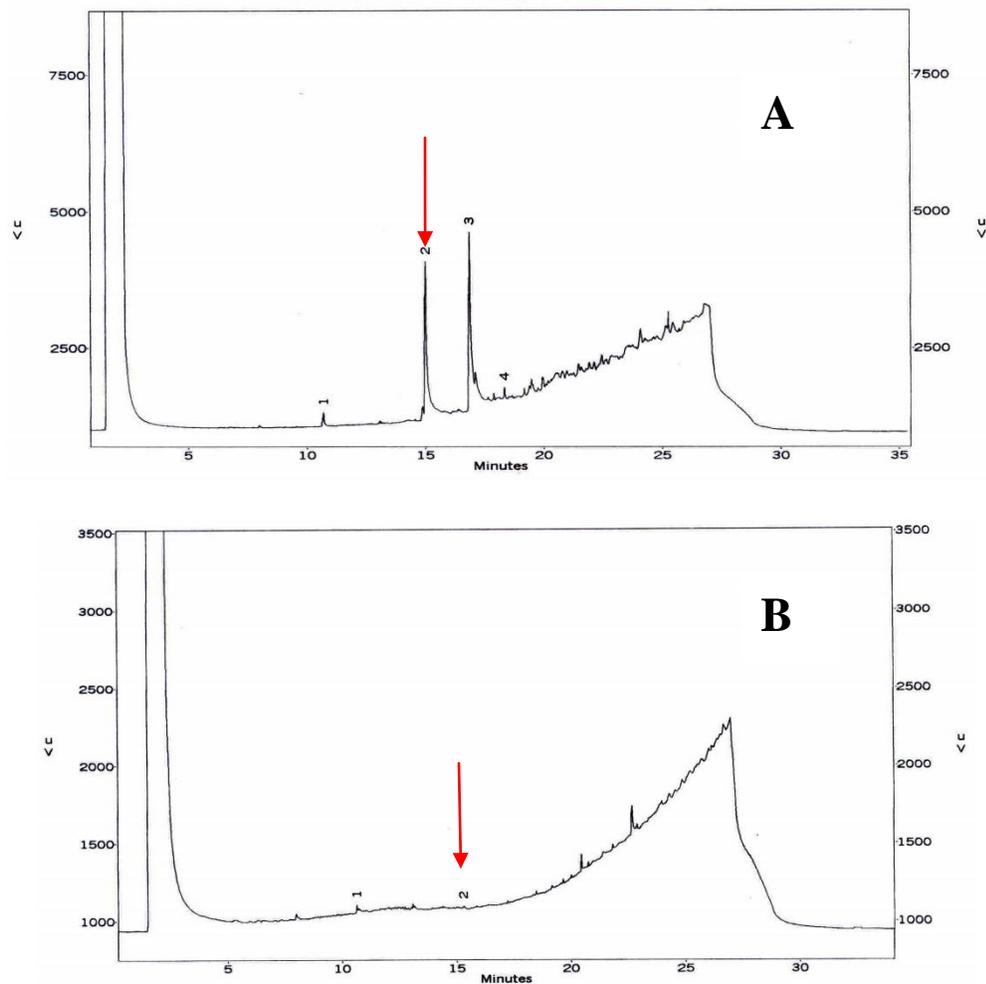


Figura 6. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes a una muestra de orina tomada de dos fumigadores diferentes. (A) H1 Malation: (2) y (B) H5 Clorpirifos: (2)

- En los sujetos H1 y H4 se identificó el mayor número de POFs, siendo el Malatión el único de interés.
- Se identificó al menos un POF en todos los sujetos que hacen parte del estudio; la muestra control (J1) no mostro ningún compuesto de interés (Figura 10).

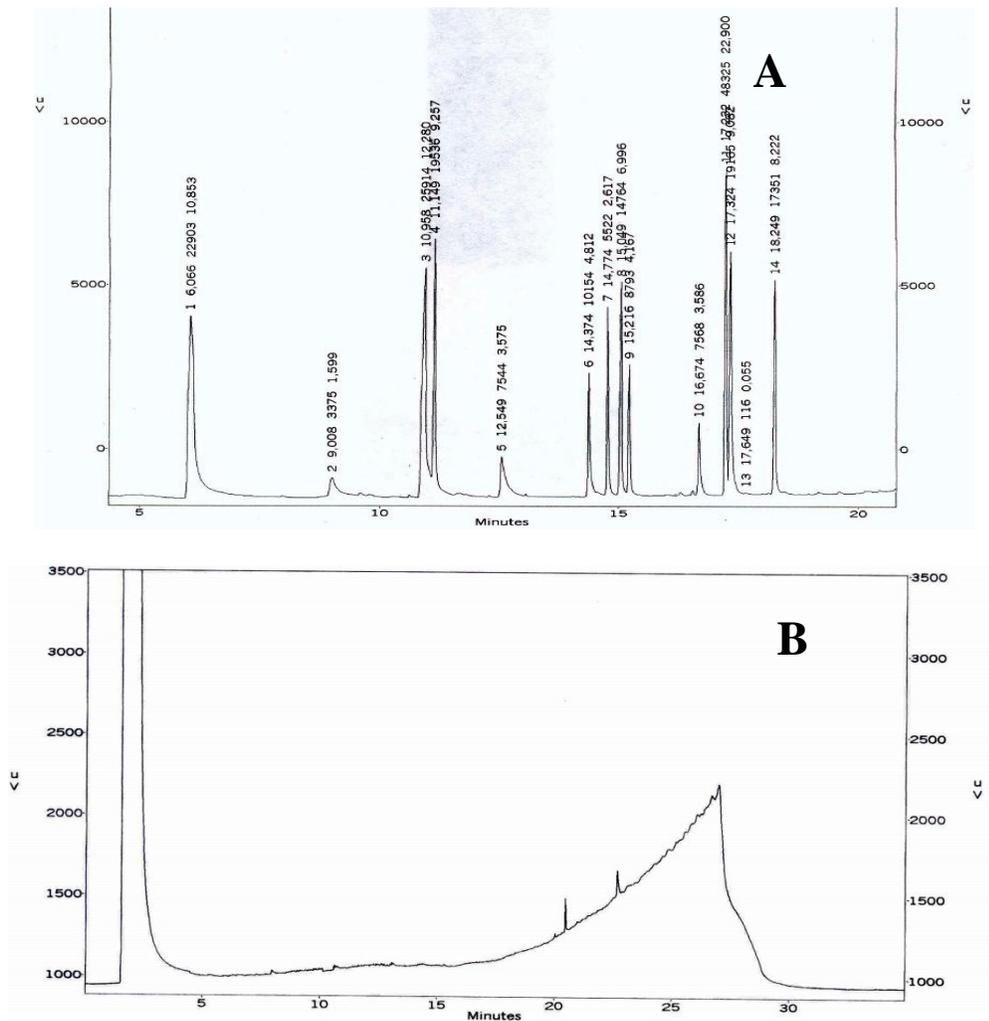


Figura 7. Perfil cromatográfico de GC con detección de FID. De un análisis multiresiduo de insecticidas organofosforados. Cromatogramas correspondientes al estadar de POFs (A) y a una muestra de orina tomada del sujeto control (J1) (B). Observar los tiempos de retencion.

POFs en ORINA

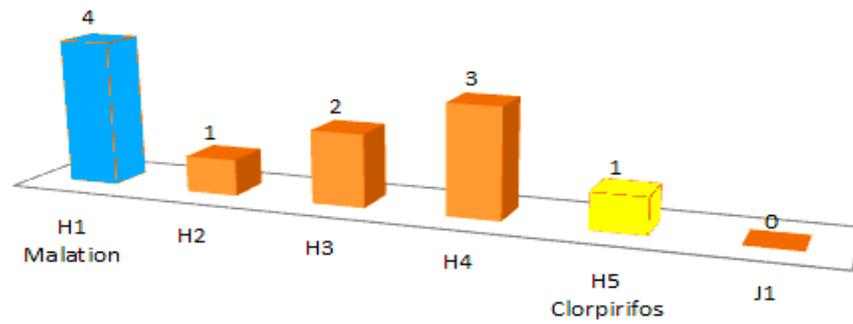


Figura 8. Resumen de los POFs identificados en las muestras de Orina.

- A pesar de no ser un POF de interés, cabe resaltar que el Ometoato se encontró en todas las muestras analizadas.

B. CUANTIFICACION

Tabla 8. Cantidad de cada POF presente en las muestras (ppm: partes por millón). Los POFs que se muestran son los reportados en las encuestas.

Matriz	POF	Muestra	Concentración en ppm
A g u a	Dimetoato	1AC	0,2
		2AP	0,24
		4AP	0,85
		6AP	0,23
	Malation	1AC	0,16
		6AP	0,22
	Clorpirifos	4AP	1,4
	Metil Paration	1AC	0,14
		2AP	0,45
		3AP	0,11
		4AP	0,35
	F r i j o l	Metil Paration	O1
O2			0,9
O3			0,87
O4			0,86
O5			0,82
T1			1,13
T2			1,1
T3			1
T4			1,4
T5			0,82
Orina			Malation
	Clorpirifos	H5	0,026

AGUA

De acuerdo a la Resolución 2115 de 2007 - Diario Oficial No. 46.679 del 4 de julio de 2007 del Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el cual define:

Artículo 8°. Características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias. Las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que resumiendo se encuentran en el intervalo de 0,0001 – 0,1 ppm (mg/L).

Considerando esta norma para establecer un patrón que defina niveles bajos, medios o altos de estos compuestos, observamos que cada POF detectado supera el rango máximo de

concentración permitida en agua para consumo humano; el compuesto Metil Paration de la muestra 3AP es el que tiene el valor más bajo (0,11 ppm) y Clorpirifos de la muestra 4AP tiene el valor más alto (1.4 ppm), también cabe resaltar las concentraciones de POFs que presenta la muestra 1AC para el Dimetoato (0,2 ppm), Malation (0,16 ppm) y Metil Paration (0,14).

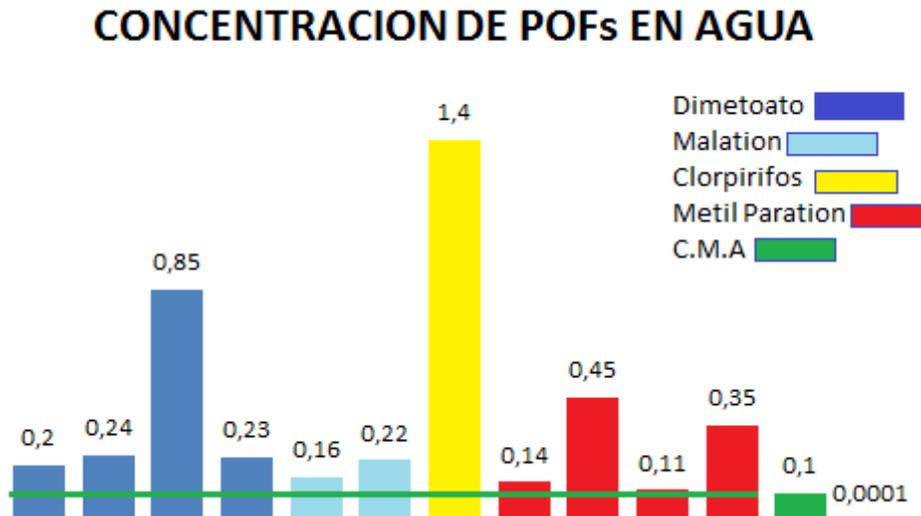


Figura 9. Concentración en ppm de los POFs de interés presentes en cada muestra de agua (AP AC). C.M.A se refiere a la Concentración Máxima Aceptable. Los colores expresan el nivel de toxicidad para plaguicidas según la OMS (Tabla 3).

FRIJOL

La Comisión del Codex Alimentarius fue creada en 1963 por la FAO y la OMS para desarrollar normas alimentarias, directrices y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas bajo el Programa Conjunto FAO / OMS de Normas Alimentarias. Los principales objetivos de este Programa son la protección de la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de alimentos, y promover la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

Según las normas establecidas por el Codex Alimentarius, los índices permisibles que están reportados para el compuesto químico Metil Paration (Paration) en frijol, están en el rango de 0,02 – 0,05 ppm (mg/Kg), lo que revela que la concentración de este compuesto en el frijol está muy por encima del límite asignado, con valores mínimos de 0,82 ppm para las muestras O5 y T5; y de 1.4 ppm para T4. En promedio vemos que el MP (Metil Paration) es mayor en el frijol tradicional (1,09 ppm) que en el orgánico (0,962 ppm).

CONCENTRACION DE POFs EN FRIJOL

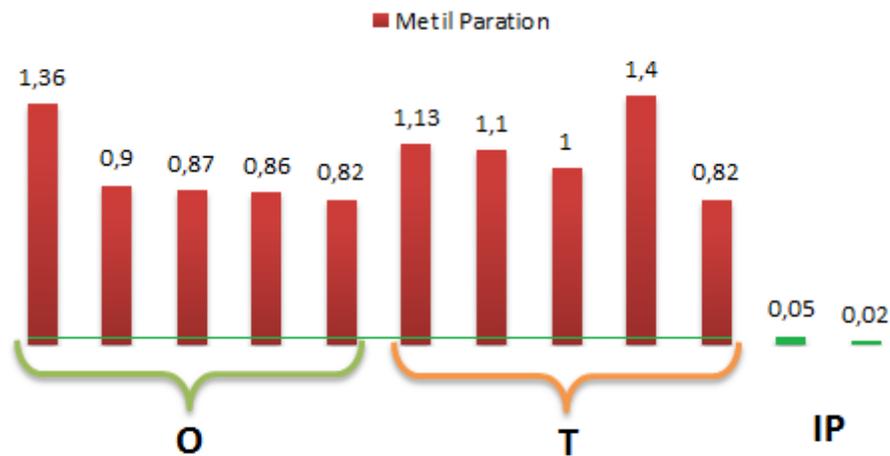


Figura 10. Concentración en ppm de Metil Paration presente en las muestras de frijol tanto orgánico (O) como tradicional (T). I.P se refiere al Índice Permisible.

Para complementar la anterior información, “se ha considerado en el caso de los plaguicidas la cantidad de contaminantes que puede ser ingerido diariamente en forma aceptable durante toda la vida, sin que exista un riesgo apreciable a la salud, debiéndose ajustar dicha cantidad (en mg del tóxico) al peso corporal en Kg (FAO/WHO Meeting, 1972 y 1973), definido con Ingesta Diaria Aceptable (IDA). Para el Paration compuesto de estructura química similar a la del Metil Paration, se ha establecido que la IDA está en un valor de 0,005 mg/kg y que su tolerancia en vegetales sea de 0,5 – 1,0 mg/kg” (Vega y Florentino; 2000). Según estos valores vemos que de igual forma los resultados obtenidos superan los límites establecidos tanto para la IDA como para la tolerancia de este compuesto en vegetales.

ORINA

No existe en realidad una norma que establezca un límite permitido para residualidad de POFs en orina, en este caso para el Malation y Clorpirifos; numerosos estudios se han enfocado en determinar los metabolitos de estos compuestos químicos, ya que dependiendo del tiempo de muestreo, estos se bio transforman por la acción del metabolismo, y por lo tanto no se obtiene el producto absorbido como tal. Aun así cabe destacar la diferencia que existe entre la concentración del Malation (12,14 ppm) del sujeto H1, con respecto a la de Clorpirifos (0,026 ppm) del sujeto H5, esto puede ser indicio de que ciertas personas pueden estar más expuestas a plaguicidas o se dedican a fumigar de manera más intensiva que otras, así mismo el proceso metabólico es único y por lo tanto puede variar los resultados obtenidos, además, “hay que tener en cuenta que la orina no es un fluido regulado como la sangre, y la concentración del contaminante o metabolito puede cambiar, incluso si la dosis interna permanece constante”(Pitarch, 2001).

III. CORRELACION DE RESULTADOS

Con la anterior información se pueden definir parámetros y correlaciones entre las variables analizadas de la siguiente manera:

1. Los casos de E.H.I (Enfermedades Hematológicas Infantiles) identificados han estado expuestos de manera considerable a plaguicidas, y por lo tanto existe una asociación clara entre estos dos factores.

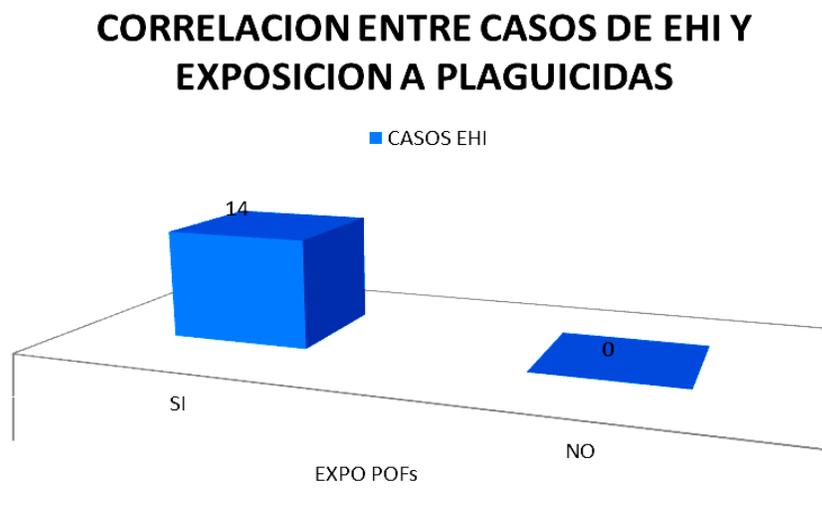


Figura 11. Correlación entre los casos de EHI y Exposición a Plaguicidas.

2. De entre todas las muestras analizadas, vemos claramente que el agua contiene mayor cantidad de POFs de interés disueltos, con respecto a las muestras de frijol y orina; esto se debe claramente a los procesos de biotransformación que se suceden en estas matrices (Juan A. *et al.*, 2003; Pitarch, 2001), aun así este grupo de compuestos químicos persisten.

POFs IDENTIFICADOS EN LAS MUESTRAS

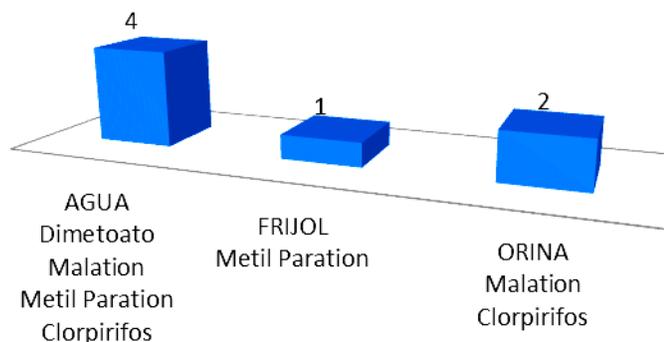


Figura 12. Resumen de los POFs de interés encontrados en las diferentes muestras estudiadas

3. Teniendo en cuenta que el sitio de muestreo está ubicado en el área en donde se realizaron las encuestas, se establece que tanto los datos cualitativos como cuantitativos obtenidos acerca de la residualidad de POFs en el ambiente y cuerpo humano, corroboran la información obtenida producto del uso de plaguicidas y su exposición en la comunidad rural del Valle de Sibundoy. Lo anterior sustenta el hecho de que la contaminación por agroquímicos usados en el cultivo de frijol es real y por lo tanto puede incidir en cierto grado en los casos de E.H.I reportados en las familias dedicadas a la agricultura. Es claro entonces que algunos autores consideren este hecho como probable (Pitarch, 2001; Leiss y Savitz, 1995).

CORRELACION ENTRE RESIDUALIDAD Y EXPOSICION A POFs

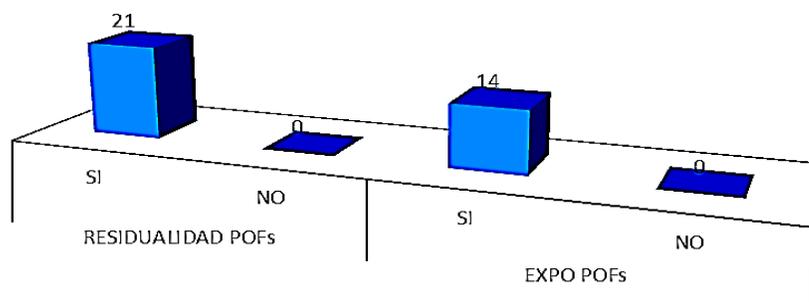


Figura 13. Correlación entre residualidad y exposición a POFs.

8. CONCLUSIONES

Tanto la exposición a POFs como la residualidad de estos en el ambiente y en el cuerpo humano, son claros indicadores de la contaminación y de la persistencia de estos productos químicos, los cuales como se reporta en la literatura, resultan ser muy perjudiciales para la salud de los niños. En definitiva es difícil establecer que estos plaguicidas influyan directamente en los casos de E.H.I (Enfermedades Hematológicas Infantiles), aunque si es muy probable que sean un componente que contribuya en el desarrollo o aparición de este tipo de enfermedades, esto dependiendo también de otros factores, entre ellos el genético.

Con la información obtenida en las encuestas y tras investigar el modo de vida de las familias en las que se presentaron casos de E.H.I, se logró describir en cierto grado evidencia epidemiológica entre la asociación de estas enfermedades y la exposición parental ocupacional a insecticidas organofosforados durante los periodos prenatal y postnatal en niños. En realidad no existió un cuidado en cuanto a lo vulnerables que pueden ser los niños en las primeras etapas de su desarrollo.

La Leucemia Linfoblástica Aguda (LLA), es la principal enfermedad asociada al uso excesivo de plaguicidas en el ambiente, y así como lo demuestra la información obtenida en las encuestas, en los reportes de los hospitales locales y en la literatura, tiene el mayor porcentaje de casos identificados, así mismo la Anemia Aplásica (AA) y Purpura Trombocitopenica Idiopática (PTI) se identificaron, lo cual puede ser indicio de un temprano desarrollo de LLA. Adicional a esto, vemos que las edades de los pacientes afectados están en el rango reportado en la bibliografía (< 15 años).

La residualidad (Cualitativa y Cuantitativa) de POFs en agua con respecto a las demás muestras (Frijol y Orina), es mucho mayor, esto debido a los procesos metabólicos que suceden en estas últimas matrices. Con esta información, es importante tener en cuenta que el agua, al ser de consumo diario, es la principal vía de contaminación a la que están expuestos los habitantes de las zonas rurales, en especial las del área de muestreo; por lo tanto es necesario realizar posteriores análisis en este tipo de muestras para llevar a cabo un buen manejo, que disminuya el contenido y la cantidad de estos productos químicos.

Las concentraciones de los POFs de interés detectados en agua superan ampliamente el límite establecido (0,0001 – 0,1 ppm) (Resolución 2115, 2007); estas cifras son muy preocupantes para todos los compuestos identificados, si tenemos en cuenta que este líquido es para consumo humano, existe un alto riesgo de intoxicación en la población que la ingiere, y a largo plazo esta intoxicación podría ser crónica, en especial en los niños.

En el frijol se identificó un solo plaguicida (Metil Paration), el cual está presente tanto en las muestras de frijol tradicional como orgánico, a pesar de ello la concentración de este compuesto es menor en este último, lo que demuestra en cierto grado la efectividad de la Guía de Producción Más Limpia en el cultivo de frijol, implementada por CORPOAMAZONIA. Además, teniendo en cuenta la IDA (Ingesta Diaria Aceptable) para el Metil Paration (Paration) (0,005 mg/kg), vemos claramente que los niveles de este

plaguicida están muy por encima del límite establecido; por lo tanto es necesario tener en cuenta las Técnicas para la Disminución de Agroquímicos en el Cultivo de Frijol y así evitar contaminación y bioacumulación de este producto, tanto en el frijol como en el cuerpo humano.

Aunque la determinación de POFs en fluidos como la orina requiere de un proceso y metodologías más cuidadosas y sensibles dada la complejidad de la matriz, se identificaron y cuantificaron dos plaguicidas de interés (Malation y Clorpirifos), lo cual es un claro indicio de que el cuerpo absorbe estos contaminantes y que por su continua exposición pueden bioacumularse, causando alteraciones en la salud. Aunque las personas muestreadas son fumigadoras, se puede establecer de cierta forma, dada la exposición de los niños, que estos pueden absorber de manera similar estos compuestos químicos, trayéndoles consigo problemas de salud.

Se identificaron la mayoría de POFs de interés y que según la literatura se reportan como cancerígenos para humanos (Malation, Clorpirifos, Metil Paration y Dimetoato), aunque cabe aclarar que Metamidofos y Paration no se encontraron por que el estándar utilizado no los contenía. Lo anterior es un claro indicio de lo grave que es la contaminación producto del uso de agroquímicos en el cultivo de frijol, y por lo tanto del riesgo al que están sujetos las personas que están tanto afuera como adentro del sistema de producción, en especial la población infantil. Cabe resaltar además que no solo se identificaron estos insecticidas, si no que se encontraron muchos otros que al interactuar entre sí pueden originar compuestos mucho más tóxicos.

Fue posible identificar y cuantificar mediante SPE (Extracción en fase solida) (frijol y orina), LLE (Extracción liquido – liquido) (agua de llave) y cromatografía de gases los residuos de plaguicidas organofosforados presentes en muestras ambientales (agua de llave y de acueducto) y muestras biológicas de origen vegetal (semillas de frijol) y humano (orina). Los resultados fueron claros y se detectó pocas interferencias o contaminación de algún tipo que pueda haber afectado los datos obtenidos y por lo tanto la interpretación de estos.

9. RECOMENDACIONES

Hasta el momento no se había realizado una investigación en las zonas agrícolas del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo) con respecto a la residualidad de POFs. Los resultados generaron un impacto ambiental y social de trascendencia; y por lo tanto es muy importante desarrollar el trabajo en una etapa adicional, para llevar un seguimiento y posterior manejo de esta problemática, enfocándose en un estudio epidemiológico como lo es el de casos y controles.

Es importante ahondar en la investigación para buscar mayor evidencia de que la residualidad de POFs en el ambiente y en el cuerpo humano influye en cierto modo en los casos de E.H.I, para ello es necesario incluir un número mayor de muestras y matrices adicionales (ej: sangre, suelo y leche materna), además, se deben buscar casos adicionales de las enfermedades en cuestión. Para complementar el estudio, se podría realizar pruebas en otros tipos de plaguicidas, como fungicidas y herbicidas, así como a otros grupos químicos de estos (Piretroides y Carbamatos). Sumado a lo anterior es muy importante tener en cuenta factores adicionales como el genético y hereditario, haciendo pruebas al respecto.

Realizar una nueva investigación que permita conocer casos adicionales de Enfermedades Hematológicas Infantiles (EHI), para argumentar mejor la asociación entre el uso de plaguicidas con el número de casos de Leucemia Linfoblástica Aguda (LLA), las edades de los pacientes, y su relación con la Anemia Aplásica (AA) y Púrpura Trombocitopenia Idiopática (PTI).

Hacer un muestreo de orina en una población infantil expuesta a plaguicidas y por lo tanto hacer un seguimiento al respecto, argumentando el hecho de que se detectó residuos de insecticidas organofosforados en niños con Leucemia Linfoblástica Aguda (LLA) en un estudio en 2009 (Soldin, Offie; *et al*, 2009).

Continuar investigando en la literatura para encontrar más información que soporte la relación retrospectiva (casusa < efecto) entre el uso intensivo de POFs y EHI. Enfocándose tanto en estudios epidemiológicos ambientales y toxicológicos como de biología molecular y genética.

10. BIBLIOGRAFÍA

APHA – AWWA – WPCF (American Public Health Association - American Water Works Association - Water Pollution Control Federation). Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 ed. Washington, D.C. Ediciones Díaz de Santos, 1992.

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE MEDICAMENTOS, ALIMENTOS Y TECNOLOGÍA MÉDICA (ANMAT), Publicada en el Boletín Oficial del 14-may-2008, Número: 31404, p. 38.

ALIANZA POR UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA/RAP-CHILE. Día Internacional del No Uso de Plaguicidas. Santiago, 1º de diciembre 2006. Internet: (http://www.rap-al.org/articulos_files/Carta_a_Presidenta_%20Michelle_Bachelet.pdf)

AVALOS CHÁVEZ, Luis Manuel. Púrpura Trombocitopénica Idiopática (PTI). Pediatría. Capítulo No. 55. México, 2007. Internet: (<http://www.pediatriaenlinea.com/pdf/pti.pdf>).

Badii, Mohammad H. y Landeros, Jerónimo. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. CULCYT//Toxicología de Plaguicidas. 2007. Internet: (http://www2.uacj.mx/IIT/CULCYT/marzo-abril2007/6Art_MBadii.pdf)

BENITO, Susana. Biomonitorización citogenética de cuatro poblaciones agrícolas europeas, expuestas a plaguicidas, mediante el ensayo de micronúcleos. Tesis Doctoral Biología. Barcelona. Universidad Autónoma de Barcelona, 2002. 70 p.

BENÍTEZ – ARANDA, Herminia. Epidemiología de las enfermedades hematológicas en el ámbito nacional. Academia Nacional de Medicina de México. Vol. 138 Suplemento No. 1, 2002. Internet: (<http://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2002/gms021g.pdf>)

BOUCHTANE B., Khay H., Lafosse M., Elfakir C., Merrien A. Determination of organophosphorus pesticide residues in oleaginous seeds by capillary gas chromatography with thermo-ionic detection. En: Scientific Programme of the International Workshop "Foods to Dye for - Contaminants - sampling, analysis, legal limits" 6 th and 7 th November 2006 Cyprus. Internet: (<http://www.eprw2010.com/download/Poster%20Analytic/PA%20117%20Bouchetane/PA%20117%20Bouchtane.pdf>)

CÁRDENAS, Omayda, Silva Elizabeth, Morales Ligia y Ortiz Jaime. Estudio epidemiológico de exposición de plaguicidas organofosforados y carbamatos en siete departamentos Colombianos. Revista Biomédica [online]. 1998-2001, vol. 25, [citado 2005], p. 170-80.

CARNOT URÍA, José. Aplasia Medular. Hematología. Manual de Prácticas Médicas H.C.Q. "Hermanos Ameijeiras". 2 ed., 2008. Internet: (<http://www.hospitalameijeiras.sld.cu/hha/mpm/documentos/HEMATOLOGIA/PA/APLASIA%20MEDULAR.pdf>)

CALLÉN MORÉU, Elsa. Genética y Biología Molecular de la Anemia de Fanconi. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Genética y Microbiología. Tesis Doctoral. 2004. Internet: http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UAB/AVAILABLE/TDX-0726105-234012/ecm1de6.pdf

COLOMBIA. AUDITORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA. Auditoria analítica de gestión al uso y manejo de plaguicidas en Colombia. Bogotá D.C., Marzo de 2004. p. 33. Disponible en internet: http://www.auditoria.gov.co/9_documentos/2_3_2_plaguicidas.pdf

COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. CÁMARA DE LA INDUSTRIA PARA LA PROTECCIÓN DE CULTIVOS – ANDI. Dirección de Desarrollo Rural Sostenible. Guías Ambientales para el Subsector de Plaguicidas. Primera edición: Diciembre de 2003.

COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Lineamientos de política ambiental para el subsector de los plaguicidas en Colombia. Documento de trabajo para consideración del Consejo Nacional Ambiental. Santa Fe de Bogotá, 4 de Junio de 1998.

CORPOAMAZONIA. Guía Ambiental para la Producción Limpia en el cultivo de fríjol a partir del estudio de caso de los cultivos en el Valle de Sibundoy – Putumayo. Noviembre de 2007.

COSCOLLA R., Ripolles J.L., Gamon M., Monteagudo E. y Beltran E. Residuos de Metilparation, Malation y Fenitrotrion en uva de mesa. Bol. San. Veg. Plagas, 14: 425-438, 1988.

DANIELS, Julie L.; OLSHAN, Andrew F. and SAVITZ, David A. Pesticides and Childhood Cancers. Environmental Health Perspectives [online]. October, 1997, vol. 105, no. 10. Internet: (<http://www.ehponline.org/members/1997/105-10/daniels-full.html>)

DOUGLAS B. Cines, M.D., and Victor S. Blanchette, M.B., B.Chir. Immune Thrombocytopenic Purpura. The New England Journal of Medicine. Volume 346:995-1008 1008 March 28, 2002 Number 13. Internet: (<http://content.nejm.org/cgi/content/full/346/13/995>).

EPA Method 614. The Determination of Organophosphorus Pesticides in Municipal and Industrial Wastewater. Internet: (<http://www.caslab.com/EPA-Method-614/>)

EPA Method 8141A. Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography: Capillary Column Technique. Internet (<http://www.caslab.com/EPA-Methods/PDF/8141a.pdf>)

FERRÍS I TORTAJADA, Joseph, Garcia i Castell, J.A. Lopez Andréa, O. Berbel Tornero. Factores de riesgo para las leucemias agudas infantiles. An Esp Pediatr [online]. 1999, no. 50, p. 439-446. Internet: (www.pehsu.org/az/pdf/leucemias.pdf)

GUÍA PARA LAS ONG SOBRE LOS PLAGUICIDAS PELIGROSOS Y EL SAICM. Marco de acción para proteger la salud humana y el medio ambiente de los plaguicidas peligrosos. Por Jack Weinberg Senior Policy Advisor Red Internacional de Eliminación de los COP. Internet: (http://www.ipen.org/ipenweb/documents/book/hazpesticidas_guide_spanish.pdf)

INFANTE-RIVARD, Claire and WEICHENTHAL, Scott. Pesticides and Childhood Cancer: An Update of Zahm and Ward's 1998 Review. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part: Critical Reviews* [online]. March, 2007, vol. 10, nos. 1-2, pp. 81-99 (19). Internet: (<http://www.ingentaconnect.com>)

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY. Organophosphorus Insecticides: A General Introduction. *Environmental Health Criteria* [online]. 1986, no. 63, Internet: (<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc63.htm>)

JUAN A., Y. Picó y G. Font. Revisión de los Métodos de Determinación de Residuos de Plaguicidas Organofosforados en Alimentos. *Revista de Toxicología*, año/vol. 20, numero 003. Asociación Española de Toxicología. Pamplona, España, p. 166-175. Internet: (<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/919/91920302.pdf>)

JUREWICZ J, Hanke W, Zetterström R. Efectos de la exposición a los pesticidas en los niños. *Acta Pediátrica* [online]. 95 (Supl. 453): 71-80, Octubre 2006. Internet: (<http://www.bago.com/BagoArg/Biblio/pediatweb479.htm>)

KLEINBAUM D., KUPPER L., Morgenstern H. *Epidemiologic Research. Principles and quantitative methods*. Lifetime Learning Publ. California, 1982. (Revisado 2007, Tomas Merino. Internet: (<http://escuela.med.puc.cl/Recursos/recepidem/invEpi1.htm>)

LEISS, J.K. and SAVITZ, D.A. Home pesticide use and childhood cancer: a case-control study. *En: American Journal of Public Health, Public Health Briefs*. February 1995, vol. 85, no. 2, p. 249–252. Internet: (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1615305>)

MA, Xiaomei, Patricia A. Buffler, Robert B. Gunier, Gary Dahl, Martyn T. Smith, Kyndaron Reinier, and Peggy Reynolds. Critical Windows of Exposure to Household Pesticides and Risk of Childhood Leukemia. *Environmental Health Perspectives* [online]. September 2002, vol. 110, no. 9, pp. 955–960. Internet: (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1240997>)

MACHÍN GARCÍA, Sergio, Svarch Eva y Dorticós Balea Elvira. Aplasia Medular. Actualización. Instituto de Hematología e Inmunología. *En: Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter* 1999; 15(2):79-90. Internet: (http://bvs.sld.cu/revistas/hih/vol15_2_99/hih01299.pdf)

MARTÍNEZ VIDAL J. L., M. J. González-Rodríguez, A. Belmonte Vega y A. Garrido Frenich. Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas* [online]. Septiembre 2004, vol. 13, no. 3, pp. 30-38. Internet: (<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=37>)

MEINERT, Rolf, Joachim Schüz, Uwe Kaletsch, Peter Kaatsch and Jörg Michaelis. Leukemia and Non-Hodgkin's Lymphoma in childhood and exposure to pesticides: results of a register-based case-control study in Germany. *En: American Journal of Epidemiology*. April 1, 2000, vol. 151, no. 7, p. 639-646. Internet: (<http://aje.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/151/7/639>)

MINISTERIOS DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y DE AMBIENTE, VIVIENDA y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 de 2007. Diario Oficial No. 46.679 de 4 de Julio de 2007. Artículo 8°. Características químicas relacionadas con los plaguicidas y otras sustancias. Internet: (<http://www.sui.gov.co/suibase/formatosEstratificacion/normatividad/Res.%202115%20de%202007.pdf>)

MONGE, Patricia. Occupational exposure to pesticides and risk of leukemia among offspring in Costa Rica. *Publikationer från Karolinska Institutet* [online]. 24 November 2006, kl. 09.00. Internet: (<http://diss.kib.ki.se/2006/91-7140-958-0/>).

MOUSTACCHI, Ethel. Fanconi Anemia. *Orphanet Encyclopedia*. October 2003. Internet: (<http://www.orpha.net/data/patho/Pro/en/FanconiAnemia-FRenPro634.pdf>)

NORMAS PARA LOS CUIDADOS CLÍNICOS. Anemia de Fanconi. *Fanconi Anemia Research Fund, Inc.* 2 ed. 2003. Disponible en internet: www.fanconi.org/pubs/books/FASstandardsSpanish.pdf

PÉREZ ORTIZ de Viñaspre; Sanz Asensio, Jesús F; Sáenz Barrio, María Cecilia y Galbán Bernal, Javier. Optimización y linealidad de la Determinación de malatión y fenitrotión por cromatografía de gases con detector nitrógeno-fósforo (NPD). *Zubia* [online]. 1990, no. 8, p. 23-32. Internet: (<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=110234>).

PIERRE FRANCIS y Betancourt Pedro. Residuos de Plaguicidas Organoclorados y Organofosforados en el Cultivo de Cebolla en la Depresión De Quíbor, Venezuela. *Bioagro* 19 (2): 69 -78. 2007. Internet: ([http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev19\(2\)/2.%20Residuos%20de%20plaguicidas.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev19(2)/2.%20Residuos%20de%20plaguicidas.pdf))

GINA SOLOMON. Pesticides and Cancer en: *Pesticides and Human Health. A Resource for Health Care Professionals*, California, Physicians for Social Responsibility, 2000, p. 21-30. Available from internet: "Pesticides and Cancer", en Gina Solomon, *Pesticides and Human Health. A Resource for Health Care Professionals*, California, Physicians for Social Responsibility, 2000. p. 21-30

PITA FERNANDEZ, S. Epidemiología. Conceptos básicos. En: *Tratado de Epidemiología clínica*. Madrid; DuPont Pharma; Unidad de epidemiología Clínica, Departamento de Medicina y Psiquiatría. Universidad de Alicante: 1995. p. 25-47. (Actualizado 28/02/2001). Internet: (http://www.fisterra.com/mbe/investiga/6tipos_estudios/6tipos_estudios.asp)

PITARCH ARQUIMBAU, María Elena. Desarrollo de metodología analítica para la determinación de plaguicidas organofosforados y organoclorados en muestras biológicas humanas [online]. Tesis Doctoral. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I de Castelló. Departamento de Ciencias Experimentales. Área de Química Analítica, 2001. 463 p. Internet: (www.tdr.cesca.es/TESIS_UJI/AVAILABLE/TDX-0213104-125638//pitarch.pdf)

RED DE ACCIÓN SOBRE PLAGUICIDAS Y ALTERNATIVAS EN MÉXICO – CENTRO DE ANÁLISIS Y ACCIÓN SOBRE TÓXICOS Y SUS ALTERNATIVAS (RAPAM / CAATA). Cáncer y Plaguicidas. Internet: (http://www.caata.org/cncer_y_plaguicidas.html)

ROMERO BLANCO, Eric; Meza Núñez, Humberto y Poveda Calvo, Vanessa. Metodología para la determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en leche de consumo nacional mediante cromatografía de gases y extracción en fase sólida. Tecnología en marcha [online]. Vol. 18, no. 2. Internet: (www.tec.cr/sitios/Vicerrectoria/vie/editorial_tecnologica/.../metodologia%20para%20la%20determinacion%20de%20r.)

SAUNDERS, Margaret, Alan W. Preece, D. Jan Fox, Claire Salisbury, and A. Maria Palmer. Placental transfer to the foetus of xenobiotics (including pesticides). University of Bristol, Bristol Oncology Centre, Biophysics Research Unit, Dept Medical Physics and Clinical Oncology. Internet: (<http://cw12004.powerwatch.org.uk/programme/speakers/day1-preece.pdf>)

TORRES, D. y Capote, T. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. En: Ecosistemas. Septiembre, 2004, vol. 13, no. 3, p. 2-6. Internet: (<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=50>)

UPEGUI, Lía C.; Olaya, Natalia y Betancur, Idabely. Uso de la citometría de flujo en la caracterización de las leucemias agudas en niños del Hospital Universitario San Vicente de Paúl de Medellín. Iatreia [online]. 2003, vol. 16, no. 1-S. Internet: (<http://www.iatreia.udea.edu.co>)

U.S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, About Pesticides, Types of Pesticides [online]. Internet: (<http://www.epa.gov/pesticides/about/types.htm>)

VEGA VALLE, Pedro y Florentino Bernardo Lucas. Toxicología De Alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública, Centro Nacional de Salud Ambiental México, D.F. 2000. p. 180. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/6640704/97/Limites-de-insecticidas>)

WORLD HEALTH ORGANIZATION, Children's Health and The Environment, Pesticides, WHO Training Package for the Health Sector [online], July 2008. Internet: (<http://www.who.int/ceh/capacity/Pesticides.pdf>)

11. ANEXO

I. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Una prueba preliminar hecha a partir de muestras tomadas en campo (Vereda Leandro Agreda – Valle del Alto Putumayo) por medio de espectrofotometría en UV visible indica la presencia de residuos de organofosforados en frijol, lulo, pasto, tierra y por sobre todo en agua de llave, lo cual sería un indicio de la exposición a plaguicidas a la cual están sometidos los agricultores de la zona.

ESPECTROFOTOMETRIA

La espectrofotometría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones biológicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.

Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, aun el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe longitud de ondas que pertenecen al espectro visible; el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo.

La absorción de las radiaciones ultravioleta, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química.

Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida.

El color de las sustancias se debe a que éstas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a nuestros ojos aquellas longitudes de onda no absorbidas.

La espectrofotometría proveniente del sol, es decir la radiación ultravioleta-visible usa haces del espectro electromagnético y radiaciones del campo UV de 80 a 400 nm, principalmente de 200 a 400 nm y usa haces de luz visible de 400 a 800 nm, por lo que es de gran utilidad para caracterizar las soluciones en la región ultravioleta y visible del espectro.

La Espectrofotometría es una de las técnicas experimentales más utilizadas para la detección específica de moléculas. Se caracteriza por su precisión, sensibilidad y su aplicabilidad a moléculas de distinta naturaleza (contaminantes, biomoléculas, etc) y estado de agregación (sólido, líquido, gas). Los fundamentos físico-químicos de la espectrofotometría son relativamente sencillos.



Foto 4. Espectrofotómetro

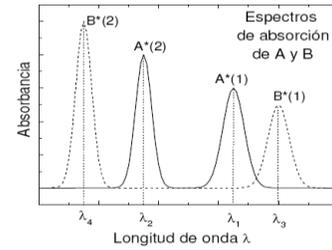


Imagen 9. Espectros de absorción

PROTOCOLO UTILIZADO PARA LA EXTRACCION DE PLAGUICIDAS DE MUESTRAS AMBIENTALES Y BIOLÓGICAS

Ubicando la zona afectada las siguientes muestras se escogieron al azar.

MUESTRAS AMBIENTALES

- Tierra
- Agua de llave

MUESTRAS BIOLÓGICAS

- Lulo (Hojas, Tallo y Raíz)
- Fruto - Lulo
- Frijol (Hojas, Tallo y Raíz)
- Semillas – Frijol
- Pasto

MUESTRAS ESTANDAR (Plaguicidas)

Se escogieron las siguientes muestras dadas las indicaciones de un técnico que suministra agroquímicos en el Valle de Sibundoy.

- Roundup (Herbicida – Glifosato)
- Cipermetrina (Insecticida - Piretroide)
- Lorsban (Insecticida – Organofosforado)
- Manzate (Fungicida - Ditiocarbamato)
- Cymozeb (Fungicida - Cymoxanil (Acetamida) y Mancoceb (Ditiocarbamato))

1. Se tomaron entre 5 y 10 g. de cada muestra y se mezclaron ($t = 4h$) con acetonitrilo (grado HPLC) en un erlenmeyer, hasta formar una solución
2. Filtración con bomba de presión
3. Centrifugación a 4000 rpm durante 15 min. A una temperatura de $6^{\circ}C$
4. Filtración en seco con cartuchos de silica gel (LC-18)

5. Se procedió a secar las muestras con Sulfato de Sodio Anhidro (Na_2SO_4) agregado en papel filtro sujetado en un erlenmeyer
6. La cantidad de solución obtenida se la diluyo hasta un volumen de 10 mL con agua destilada
7. Filtración en seco con cartuchos de silica gel (ENVI – 8)
8. Elución de cada muestra en 3mL de hexano – acetona (90: 10), y luego en 3 mL de acetona – tolueno (75:25); luego se continua con agitación (10 min)
9. Filtrado en seco en cartuchos de silica gel (ENVI -8)
10. Filtrado en seco en cartuchos de Amino ($\text{LC} -\text{NH}_2$)
11. Liofilización por 12h
12. Se adicionaron 0,2 mL de agua a cada muestra para hacer diluciones seriadas en proporción 1/1000 que luego fueron adicionadas en tubos ependorf
13. Se tomó 1,2 mg. de cada una de las muestras estándar (Plaguicidas) y se las diluyo en 1mL de agua destilada, para luego ser filtradas con papel filtro y almacenadas en tubos ependorf. Se procedió a centrifugar a 15000 rpm durante 5 min a una temperatura de 4°C
14. Se tomó 200 μL de las muestras estándar y las muestras de material contaminado para un análisis espectrofotométrico en UV visible en un equipo Genesis 5, haciendo un barrido de 200 a 800 nm para averiguar los picos máximos de absorción de cada uno de los compuestos organofosforados y así compararlos con los encontrados en las muestras ambientales y biológicas.

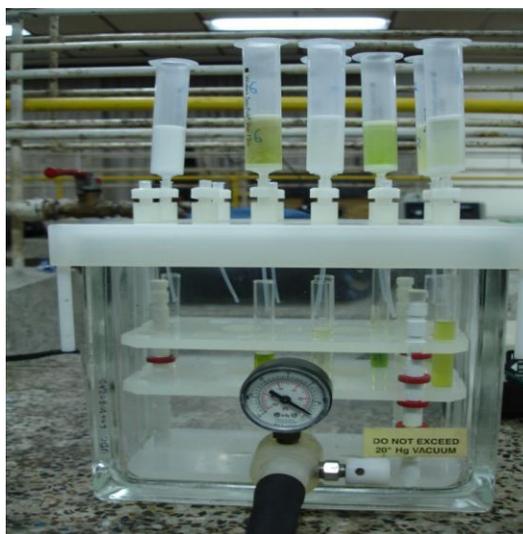


Foto 5. Equipo de filtración en seco.

RESULTADOS

Los resultados del análisis espectrofotométrico de los pesticidas (patrones), muestran un espectro de absorción con una longitud de onda que va desde 287 nm hasta 293 nm.

- Todas las muestras analizadas tienen el espectro de absorción con la longitud de onda característica de los pesticidas, solo que unas con mayor intensidad que otras; entre ellas están el agua, semilla de frijol, lulo, pasto y tierra.

Al encontrar similitud entre los espectros de absorción (longitud de onda) de los pesticidas con las muestras analizadas, se puede comprobar tanto la presencia de estos agroquímicos en el ambiente, como el grado de exposición al que están sometidos los habitantes de la zona afectada.

ESPECTROFOTOMETRIA EN UV VISIBLE APLICADA A LAS MUESTRAS DE ESTUDIO (RESULTADOS – LONGITUD DE ONDA (NANOMETROS – nm))				
PLAGUICIDAS (Patrones)				
<p>Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>CIPERMETRINA (290 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 17:28:19 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>LORSBAN (293 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 17:16:52 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>MANZATE (287 nm)</p>	<p>Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>ROUNDUP (287 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 17:25:24 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>CYMOZEB (293 nm)</p>
MUESTRAS				
<p>12 AUG 2008 18:11:56 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>AGUA (293 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 17:58:54 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>FRIJOL (290 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 18:02:30 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>FRIJOL – SEMILLA (287 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 17:55:02 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>LULO – FRUTO (290 nm)</p>	<p>Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>LULO (287 nm)</p>
<p>12 AUG 2008 18:08:20 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>PASTO (293 nm)</p>	<p>12 AUG 2008 18:05:22 Application: SURVEY SCAN Test name: DEFAULT Data name: DEFAULT Start Wavelength: 200.0 Stop Wavelength: 800.0</p> <p>SUELO (287 nm)</p>	<p>Tabla 9. Resultados de la Espectrofotometría en UV visible aplicada a las muestras de estudio</p>		

II. RESULTADOS ENCUESTA NOVIEMBRE 2009 (Identificación de los casos con enfermedades hematológicas)

- Para lograr concientizar a las familias de los niños afectados con enfermedades hematológicas, y de esta manera poder hacer la encuesta, diseñe el siguiente panfleto que resume lo peligroso que resultan ser los plaguicidas para los niños.



Imagen 10. Panfleto de información acerca del uso responsable de plaguicidas

- Reuniendo los informes estadísticos obtenidos del Hospital Infantil de Pasto (Nariño), y complementándolos con los datos de la encuesta, se obtuvo la información presentada en los resultados de la tabla 5.
- A pesar de que la mayoría de familias encuestadas son de descendencia indígena, también se reportan casos de niños procedentes de familias mestizas o criollas. Lo interesante de este asunto es que la mayoría de estas personas viven o vivieron en las zonas rurales del Valle de Sibundoy, donde existen grandes hectáreas del cultivo de frijol.
- Todas las familias encuestadas afirman que el trabajo primordial que desempeñaban o desempeñan es la agricultura, de la cual se destaca el frijol como principal cultivo, además señalan que es imprescindible el uso de plaguicidas para el crecimiento de esta semilla; por ello aseguran haber estado continuamente expuestas a estos agroquímicos; de los cuales se aplican en mayor proporción los insecticidas. A continuación se muestra el listado de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol del Valle de Sibundoy.

	PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	GRUPO QUIMICO	
INSECTICIDAS	Roxion	Dimetoato	ORGANOFOSFORADOS	
	Sistemin			
	Tamaron	<u>Metamidofos</u>		
	Monitor			
	Paration	Paration ?		
		Metil-paration ?		
	Curacron	Profenofos		
	Lorsband ?	<u>Clorpirifos</u>		
	Malathion	<u>Malation</u>		
	Metavin	Metomil		
	Furadan	Carbofurano		CARBAMATOS
	Decis	Deltametrina		PIRETROIDES
Cipermetrina	Cipermetrina			
Karate	Lambda-cyhalothrina			
FUNGICIDAS		<u>Benomil</u>	CARBAMATOS-BENZIMIDAZOLES	
		Carbendazim		
	Manzate	Mancozeb	DITIOCARBAMATOS	
	Andracol	Propineb		
	Maestro	<u>Captan</u>	PHTHALIMIDES	
	Daconil	<u>Clorotalanil</u>	CLORONITRILOS-FTALONITRILOS	
HERBICIDAS	Score	Difeconazol,	TRIAZOLES	
	Roundup	Glifosato	ORGANOFOSFORADOS - ?	
	Flex	Fomesafen	AMIDA-DIFENIL ETERES	

Tabla 10. Listado de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo) 2009. Datos proporcionados por la encuesta correspondiente y por las casas agrícolas del Valle de Sibundoy. Los colores representan la clasificación Toxicológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los plaguicidas de uso agrícola. Los plaguicidas en negrilla, subrayados y en cursiva están severamente restringidos o fuertemente asociados a casos de leucemia infantil.

- Las viviendas en las que habitan los agricultores son aledañas a los cultivos, (no menos de 5 m de distancia), algunas están completamente rodeadas por estos.



Foto 6. Ubicación de algunas de las viviendas en las que se han reportado casos de leucemia infantil y enfermedades asociadas.

- Todos los niños afectados han estado expuestos a plaguicidas de manera considerable, por sobre todo durante las etapas más vulnerables para ellos: en el vientre materno y durante los primeros años de vida. Además, los padres sostienen haber estado muy expuestos a estos agroquímicos antes de concebir a sus hijos.



Imagen 11. La imagen aquí mostrada no es muy diferente a las condiciones reales en las que los niños están expuestos a plaguicidas.

- Se utiliza más de un plaguicida para el mismo cultivo y en la misma temporada, o bien, se aplican mezclas de plaguicidas. La mayoría de estas mezclas no están muy claras, en general se adicionan insecticidas, fungicidas, abonos foliares y fertilizantes en una sola aplicación; lo anterior se debe a que los agricultores buscan ahorrar tiempo para este proceso. Además, si alguna de las plagas (insecto u hongo) se presenta, no se adiciona el plaguicida exclusivamente recomendado, si no que se aprovecha la aplicación para evitar la aparición de otra enfermedad; es decir, si le sale hongos a la planta de frijol, el agricultor adiciona insecticida y abono foliar.
- Dado que el Valle de Sibundoy es una zona altamente lluviosa, el agricultor debe adicionar plaguicidas en lapsos de tiempo más cortos (Mínimo cada 2 días, 15 días después o en un máximo de 21 días), ya que el agua lava las plantas de frijol, arrastrando consigo los agroquímicos. Por lo anterior es que muchas de las fuentes de agua y suelos estarían saturados de estos contaminantes.



Foto 7. Fuente de agua contaminada por los plaguicidas aplicados en el cultivo de frijol.

- La mayoría de los agricultores encuestados afirma utilizar más de la dosis recomendada por la etiqueta del plaguicida, además, aseguran que durante la aplicación de estos, se percibe en las viviendas su olor característico. Por lo anterior es que los encuestados (tanto padres como hijos) afirman haber sufrido alguna vez síntomas intoxicación como fuertes dolores de cabeza, náuseas y desorientación.

- Durante la aplicación de plaguicidas, los agricultores aseguran no haber utilizado ningún tipo de protección básica, además, en muchos casos los niños estaban presentes durante este proceso, sumado el hecho de que las madres durante su periodo de embarazo se encontraban en el sitio de adición de estos agroquímicos.
- Hay muchos más aspectos que no se consideraban como normas de bioseguridad en el momento de la fumigación, entre ellos están: lavado de ropas junto con la utilizada para fumigar, no cambiarse de ropa al ingresar a la casa, lugares de almacenamiento de plaguicidas inadecuado, lavado de los equipos de aspersion en pocetas inapropiadas, sitios no recomendados para arrojar los empaques y residuos de plaguicidas (cerca de fuentes de agua), entre otros. Hay que mencionar el hecho de que las cosechas de frijol no solo son para la venta, sino que además se utiliza como alimento principal de las familias en cuestión.
- Las madres aseguran no haber consumido medicamentos fuertes durante su periodo de embarazo y en cuanto a los antecedentes de cáncer en la familia se encontró reportes de cáncer de pulmón, esófago, matriz, seno y colon. Para los casos familiares en los que se padeció de otras enfermedades graves se reportó diabetes, síndrome de Down, hemorragias y derrames cerebrales como las principales.

III.RESULTADOS ENCUESTA ABRIL 2010 (Identificación de familias dedicadas actualmente al cultivo de frijol)

- Esta encuesta se aplicó a familias de zonas agrícolas que actualmente se dedican a cultivar frijol, o cuyas viviendas son aledañas a los cultivos en cuestión. La ubicación de estas se encuentra en las zonas mostradas en la imagen 8 del Diseño Experimental.

Estas zonas están definidas desde el año 2000 por la administración municipal como áreas contaminadas por agroquímicos, debido a que el Valle de Sibundoy es un sector altamente lluvioso y con vientos fuertes que corren generalmente en sentido norte – sur, ubicación en la cual se encuentran las zonas rurales.

- Para la presentación del proyecto de investigación a la comunidad, se utilizó el mismo panfleto mostrado en la encuesta del 2009.
- De las familias encuestadas la mayoría cultivan el frijol activamente, y las que no lo hacen viven muy cerca a estos cultivos.
- Aunque los menores de edad no se encuentran en las mañanas dado que asisten a la escuela, muchas veces están en los momentos en los que se fumiga o participan en este proceso de alguna forma.

- Algunos de los encuestados afirman dedicarse a la agricultura desde hace 10 a 15 años, en cambio otros lo hacen o viven en los alrededores desde hace 2 años.
- El periodo del cultivo de frijol es casi constante en todas las zonas agrícolas, generalmente sucede cada 6 meses o 1 vez al año, cuando culmina el cultivo de maíz (este cultivo crece sin la adición de agroquímicos). Entre los meses de mayo a junio del presente año comienza nuevamente la temporada del cultivo de frijol.
- Todos los encuestados afirman usar intensivamente plaguicidas o estar expuestos a ellos. El proceso de uso de plaguicidas consiste en lo siguiente:
 - Adicionar primero que todo herbicida para limpiar y preparar el suelo y así lograr la siembra, luego se planta la semilla de frijol a la cual se le agrega un desinfectante.
 - Cuando a la plántula de frijol le crezca una hoja, comienza la adición de plaguicidas, en su mayoría insecticidas cada 8 o 15 días durante el tiempo restante, suspendiéndose su uso entre 3 a 2 semanas antes de su cosecha.
 - Las fumigadas son todas por aspersión, utilizándose en muchos casos bombas a motor las cuales dispersan mucho el plaguicida en cuestión.



Foto 8. Identificación de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol.

- Entre los plaguicidas más utilizados para el cultivo de frijol tenemos los siguientes:

INSECTICIDAS	Agrixon	Dimetoato v	ORGANOFOSFORADOS
	Tamaron	<u>Metamidofos v</u>	
	Paration	Paration ? v	
		Metil-paration ? v	
	Curacron	Profenofos v	
	Lorsband ?	<u>Clorpirifos v</u>	
	Latigo		CARBAMATOS
	Malathion	<u>Malation</u>	
	Furadan	Carbofuran v	PIRETROIDES
	Decis	Deltametrina v	
Latigo	Cipermetrina v		
Invertrina			
Dominex	Alfa-cipermetrina		
FUNGICIDAS		<u>Benomil v</u>	CARBAMATOS-BENZIMIDAZOLES
	Cropzim	Carbendazim v	
	Manzate	Mancozeb v	DITIOCARBAMATOS
	Maestro	<u>Captan v</u>	PHTHALIMIDES
	Daconil	<u>Clorotalonil v</u>	CLORONITRILOS-FTALONITRILOS
	Score	Difeconazol,	TRIAZOLES
HERBICIDAS	Roundup	Glifosato v	ORGANOFOSFORADOS - ?
	Matancha	2,4 - D	HERBICIDAS FENOXIACETICOS

Tabla 11. Listado de los principales plaguicidas utilizados en el cultivo de frijol del Valle de Sibundoy (Alto Putumayo) 2010. Datos proporcionados por la encuesta correspondiente. Los colores representan la clasificación Toxicológica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los plaguicidas de uso agrícola. Los plaguicidas en negrilla, subrayados y en cursiva están severamente restringidos o fuertemente asociados a casos de leucemia infantil

- Aunque algunos agricultores aplican sus productos agroquímicos individualmente, muchos otros lo hacen mezclando unos productos con otros, aunque algunas veces lo hacen siguiendo las recomendaciones de un agrónomo, otras veces lo hacen de manera artesanal sin tener cuidado al respecto. La mayoría de esas mezclas no están muy bien definidas, aunque generalmente adicionan insecticida más fungicida y abonos foliares para aprovechar la fumigación.
- Muchos de los aspectos de bioseguridad son ignorados o desconocidos en el proceso de fumigación con plaguicidas, entre ellos tenemos:
 - ✓ Preparación y lavado de los equipos de fumigación directamente o muy cerca de las pocetas de la vivienda.
 - ✓ No utilizar el equipo de fumigación adecuado
 - ✓ Consumir líquido o algún tipo de alimento durante la fumigación, ni tampoco cambiarse de ropa al ingresar a la casa.
 - ✓ El lavado de las ropas utilizadas para fumigar a veces se lo hace junto con la demás, o se lo hace en el mismo lavadero.
 - ✓ Muchas veces los plaguicidas se almacenan muy cerca a la casa, generalmente no se los ubica en casetas adecuadas.
 - ✓ Los empaques y residuos de plaguicidas son desechados sin tener en cuenta un sitio adecuado o establecido.



Foto 9. Sitio para almacenar los empaques de plaguicidas ya vacíos.

- Durante el proceso de aplicación es muy común percibir el olor de plaguicidas dentro y en los alrededores de la casa, en muchos casos algunos encuestados (incluyendo niños) afirman haber sentido algún síntoma de intoxicación como dolores de cabeza o náuseas.
- Además de vivir justo a lado de los cultivos de frijol y percibir el olor de los plaguicidas, se consume muchas veces el frijol cosechado, además de que el agua de llave que consumen proviene de acueductos cuyas tuberías recorren todas las zonas de cultivo más hacia el norte. Algunas casas poseen tanques de almacenamiento en sus techos.
- Para identificar si alguno de los niños integrantes de las familias encuestadas puede ser propenso a adquirir algún tipo de cáncer dada la constante utilización de plaguicidas, los siguientes puntos se tuvieron en cuenta:
 - Los padres afirman no consumir constantemente alcohol, cigarrillo o algo otra sustancia constantemente.
 - Durante el embarazo la madre no estableció haber consumido algún medicamento o fármaco fuera de los comunes.
 - Según las madres encuestadas, el hijo/s nacieron sin ningún tipo de enfermedad, algunas afirman que algunos han tenido complicaciones leves que no han requerido de hospitalización. Es muy importante tener en cuenta que algunos padres desconocen síntomas que pueden resultar muy significativos para identificar enfermedades graves como lo es la leucemia, además, algunos suelen desconfiar al momento de brindar este tipo de información tan delicada.
 - Indagando en la historia familiar de los encuestados, algunos reportan haber tenido parientes que han presentado cáncer de tipo desconocido, aunque algunos establecen cáncer de pulmón o de piel. En realidad ninguno definió enfermedades relacionadas con leucemia.
 - Enfermedades graves de otro tipo que puedan de alguna manera asociarse con leucemia infantil no se reportaron.
- Durante las etapas más vulnerables para que un niño desarrolle de alguna manera cáncer (antes de la concepción, durante el embarazo y en el primer año de vida del niño/s), la mayoría de madres sostienen que se dio la exposición a plaguicidas de alguna manera.